

यनोरजक भौतिकी

Я И ПЕРЕЛЬМАН

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

КНИГА I

«Наука»

या.इ. पेरेल्मान पनोरंजक भौतिकी



श्रीर प्रकाशन मास्की



पूज्य पविशिन दाहन (प) लिमिटेड
१ ई. एन. एन. रोड, नई दिल्ली-११



राजरजान पूज्य पविशिन दाहन (प) लिमिटेड
एन.एन. रोड, नई दिल्ली-११

अनुवादक देवेन्द्र प्र वर्मा

PHYSICS FOR ENTERTAINMENT

Ya Perelman

Book 1

на языке хинди

सोवियत मध म मुद्रित

सम्बरण प्रथम 1982

सम्बरण द्वितीय 198९

© दिल्ली अनुवाद मीर प्रकाशन 1982

ISBN 5-03-000-432 7

ISBN 5 03 000-433 ९

सपादक की ओर से (9)

लेखकीय (तेरहवें संस्करण के प्राक्कथन से) (10)

अध्याय 1 वेग गतियों का योग (13)

हमारी गति (13) समय के पीछे भाग-दौड़ (16) सेबेड का सहस्रांश (17) काल विशालक (20) सूप-परिचरमा की गति क्या तेज-रात में या दिन में? (21) चक्के का चमत्कार (23) चक्के का सबसे सुस्त हिस्सा (24) प्रश्न है, मजाक नहीं (25) नाव कहा से चली? (27)

अध्याय 2 गुस्सैल और भार उत्तोलक बाध (30)

उठिये (30) चलना और दौड़ना (32) चलती गाड़ी से कैसे कूदें? (36) खाली हाथ बढ़क की गोली पकड़ना (37) तरबज या बम? (38) तराजू के चबूतरे पर (41) चीजें कहा अधिक भारी होंगी? (41) गिरते पिंड का वजन (43) तोप से चाद पर (45) चंद्र-यात्रा जूल वेर्न की कल्पना और सच्चाई (48) छोटे तराजू से सही तौल (51) स्वयं से भी शक्तिमान (52) तीक्ष्ण वस्तुएं चुभती क्यों हैं? (53) नेविफान की तरह (55)

अध्याय 3 परिवेश का प्रतिरोध (57)

हवा में बुलेट (57) अतिदूर की चादमारी (58) पतंग की उड़ान (60)

सजीव ग्लाइडर (61) पौधे बिना मशीन के उड़ते हैं (62) पैराचूटिस्ट की विलंबित छलांग (64) बूमरंग (65)

अध्याय 4 ध्रुवन "शाश्वत गति" (68)

उबले और कच्चे दूध की पहचान (68) हास-चक्र (69) स्याही का बबलर (71) घोड़े में पड़ा पौधा (72) "चिर चलित" (72) "मडचन" (76) उफिम्सेव का सचामक (78) चमत्कार है भी और नहीं भी (79) कुछ और "शाश्वत चलित" (80) प्योत्र प्रथम के समय का "शाश्वत चलित" (81)

अध्याय 5 द्रव और गति के गुण (86)

दो केतलियों से संबंधित प्रश्न (86) प्राचीन काल में क्या नहीं जानते थे (86) द्रव का दबाव ऊर्ध्वमुखी! (88) कौनसा पलड़ा भारी है? (89) द्रव का स्वाभाविक रूप (90) छर्रें गोल क्या होते हैं? (93) 'अथाह गिलास (94) किरासिन की दिलचस्प खूबी (95) पानी में नहीं डूबने वाला सिक्का (97) चलनी में पानी (98) फेन से तकनीकी सेवा (100) मिथ्या "शाश्वत चलित" (101) साबुन के बुलबुले (103) सबसे बारीक क्या है? (107) पानी में भी सूखा (108) हम कैसे पीते हैं (110) कीप में सुधार (111) एक टन लकड़ी और एक टन लोहा (111) भारहीन आदमी (112) शाश्वत घड़ी (117)

अध्याय 6 तापीय संवर्तियां (119)

'अक्लूवर रेल-पथ' कब अधिक लंबा है—गमिया में या जाडे में? (119) चोरी की सजा नहीं (121) पेरिस की मीनार कितनी ऊंची? (121) चाय का गिलास और जल-स्तर नापने की नली (122) हमारा में जूते (125) चमत्कार (126) बिना चाबी की घड़ी (128) शिक्षादायक सिगरेट (131) बर्फ का टुकड़ा,

जो छोलते पानी में भी नहीं पिघलता (131) बर्फ पर या बर्फ के नीचे? (132) बंद खिड़की से हवा क्यों बहती है? (133) रहस्यमयी गिरनी (134) क्या फर-कोट गर्म करता है? (135) पैरों तले कौन सी श्रुतु? (137) ढागज की पतीली (138) बर्फ फिसलनवार क्यों है? (140) बर्फ की चुटिया (142)

अध्याय 7 प्रकाश की किरणें (146)

बैद छाया (146) अंठे में चूजा (148) कार्टूनी-फोटोग्राफी (149) सूर्योदय से संबंधित प्रश्न (151)

अध्याय 8 प्रकाश का परावर्तन एवं अपवर्तन (153)

दीवार के पार देखना (153) "कटा हुआ" सर कैसे बोलता है (155) आगे या पीछे (156) क्या आप दर्पण को देख सकते हैं? (157) दर्पण में हम किसे देखते हैं? (157) दर्पण के समक्ष चित्र बनाना (159) नयी-सुली जल्दीवाजी (160) बौबे की उठान (162) सुबिबदर्शी कल और भाज (163) माया-महल और मरीचिकायें (165) प्रकाश का अपवर्तन क्यों और कैसे होता है? (168) छोटे पथ की अपेक्षा बड़ा पथ कब जल्द तय होता है? (170) नये रीबिसन (174) बर्फ से अलाव सुलगाना (176) सूर्य किरण से सहायता (179) मरीचिकाओं के बारे में नयी-पुरानी बातें (181) "हरी किरण" (185)

अध्याय 9 बुद्धि शक्ति एक आँख की और दो आँखों की (190)

जब फोटोग्राफी नहीं थी (190) बहुतों को नहीं आता (191) फोटो चित्र देखने की कला (192) फोटो किस दूरी से देखना चाहिये? (193) विशालक प्रीशे का एक विशिष्ट गुण (195) फोटो चित्र का परिवर्धन (196) सिनेमा-हॉल में उत्तम स्थान (196) पत्रिकाओं में चित्र देखना (197) चित्र देखना (199) व्योमदर्शी

क्या है? (200) हमारा नैसर्गिक व्योमदर्शी (202) एक आँख से,
 दो आँखों से (206) जालसाजी पकड़ने का आसान तरीका (206)
 दैत्य की दृष्टि में (207) व्योमदर्शी में ब्रह्मांड (209) त्रिनेत्र का
 दृष्टि में (210) चमक क्या है? (212) क्षिप्र गति की स्थिति
 में दृष्टि (213) रगोन चश्मों से (215) "जादूई परछाईया"
 (216) रगों का रूपांतरण (217) किताब की उचाई (219)
 घटाघर की घड़ी का आकार (219) सफेद और काला (220)
 कौनसा अक्षर अधिक बाला है? (222) सजीव चित्र (223)
 गड़ी रेखायें और अय दृष्टि भ्रम (225) निकट-दृष्टि की दृष्टि
 में (229)

अध्याय 10 ध्वनि और श्रवण शक्ति (231)

प्रतिध्वनि की खोज (231) नापने के फीते की जगह ध्वनि (234)
 ध्वनि दपण (235) थियेटर कक्षों में ध्वनि (237) सागर-तल से
 प्रतिध्वनि (239) भनभनाहट (240) श्रवण भ्रम (241) टिड्डा कहा
 है? (242) आवाज की शरारते (244) उदरवाणी का
 चमत्कार (244)

सपादक की ओर से

या इ पेरेलमान लवी अवधि तक मनोरजक भौतिकी की सामग्रियों को सभाधित व सवधिन करत रहे। उनके जीवनकाल मे इस पुस्तक का अतिम (तेरहवा) सम्करण स 1936 मे प्रकाशित हुआ था। तब से भौतिकी मे असह्य धोजे हुइ, पर उनका प्रतिबिबन पुस्तक का आकार और स्वरूप बल बिना सभव नही है। इसके अतिरिक्त, मनस्वी लेखक ने पुस्तक की अतवस्तु का चयन कुछ इन प्रकार किया है कि उसे आज भी अचातीत नही कहा जा सकता। यह वृति भौतिकी के मूलभूत सिद्धांतो को सरल रूप में समझाने का प्रयास है। इही कारणो से धाद के सस्करणो मे कोई मौलिक परिवतन नही लाया गया है।

सेतपीय (तेरहवें सहरण के प्रारम्भ से)

प्रगुप्त पुस्तक में रोचक से कोई मया ज्ञान देवे का प्रयास नहीं किया है। पाठक जो कुछ जानता है, और अच्छी तरह जान स-इसमें सहानुभूति देवे की शोचिता की गयी है, ताकि उगता भौतिकी का ज्ञान गंध, सजीव व गहन हो और वह विभिन्न गियटिया में उगता प्रयोग कर सके। इसके लिए धनक सारगर्भित पर्यटिया व प्रस्ता, मनोरंजन कृतिया व रोचक समस्याप्रो, विरोधाभासो धारि पर मनन करना चाहिये। ईतिव जीवन में दर्शनीय और विख्यात विज्ञानग्यां व वर्णित परिघटनाप्रो का भौतिकीय मूल्यांकन करना भी इच्छ है। धारिणी प्रचार की सामग्रिया का रोचक से विशेष उपयोग किया है जून वेन, वेल्स, मार्क ट्वेन धारि के उपचारों व कहानिया से धनेक ध्वारण पुस्तक में उद्धृत है। उनमें वर्णित कल्पनातीव प्रयोग तिरु मनोरंजन ही नहीं है, गजीव उगहरणा के रूप में उनकी शैक्षिक भूमिका भी धरयत महत्वपूर्ण हो सकती है।

संकलनकर्ता ने विषय को रोचकता व पुस्तक को मनोरंजन रूप देने का भरसक प्रयत्न किया है। उसने इस मनोवैज्ञानिक साध का अनुसरण किया है कि रुचि स मनोयोगिता बढ़ती है कठिन विषय सुगम हो जाता है और इससे ज्ञान का आरपसातन सचेत व दीर्घकालीन होता है। ऐसे संकलनो के लिये जो परपरा है, उससे विपरीत 'मनोरंजन भौतिकी' में रोचक व प्रभावशाली भौतिकीय प्रयोगों के वर्णन को बहुत ही कम स्थान दिया गया है। इस पुस्तक का धमिप्राय प्रयोग की सामग्री प्रस्तुत करने वाले संकलनो से भिन्न है। मनोरंजन भौतिकी' का मुख्य लक्ष्य वैज्ञानिक कल्पना की कायशीलता को जाग्रत करना, पाठक में भौतिक विज्ञान की आत्मा के अनुरूप मनन करने की धादत डालना और उसकी स्मृति में भौतिकीय ज्ञान का जीवन की विभिन्न दैनिक परिघटनाप्रो के साथ साहचर्य

स्थापित करना है। पुस्तक की ससाधना में सम्मेलनकर्ता ने उसी अनुदेश का पालन किया है, जिसे व्ला० इ० लेनिन ने निम्न शब्दों में लिखा था "लोकप्रिय लेखक सरलतम व सर्वथा तथ्यों से आरम्भ करता है। सुगम तर्कों व सही चुने उदाहरणों के सहारे इन तथ्यों के मुख्य निष्कर्षों को दिखाते हुए वह मननशील पाठक को एक के बाद एक प्रश्नों की धोर ले जाता है और इस प्रकार उसे गभीर विचारों व गहन सिद्धांतों का दर्शन कराता है। पाठक स्वयं नहीं सोचता, सोचने की इच्छा नहीं रखता या उसे सोचना नहीं आता— यह सब मान कर लोकप्रिय लेखक नहीं चलता। इसके विपरीत, वह अविकसित पाठक में गभीर मानसिक काय की इच्छा देखाता है और इस कठिन गभीर काय को करने में सहायक होता है, वह हाथ पकड़ कर पाठक को चलना सिखाता है, ताकि आगे वह स्वयं चल सके।"

वई पाठकों ने इस पुस्तक की जन्म-कहानी में रुचि दिखायी है, अतः यहाँ हम उसके बारे में चर्चा सूचनाएँ दे रहे हैं।

"मनोरञ्जक भौतिकी" का 'जन्म' करीब पच्चीस साल पूर्व हुआ था और वह लेखक-वृत्त पुस्तक-परिवार का प्रथम सदस्य था (अब इस परिवार में दसियों सदस्य हैं)।

पाठकों के पत्र गवाह हैं कि "मनोरञ्जक भौतिकी" सोवियत संघ के सुदूर कोनों तक फैलने में सफल हो गयी है।

पुस्तक का इतना बड़ा प्रचार भौतिकी के ज्ञान में लोगों की सजीव रुचि की दशति है और साथ ही सामग्रियों की कौटि के लिये लेखक पर गभीर जिम्मेवारी डालता है। "मनोरञ्जक भौतिकी" के हर नये संस्करण में असंख्य छोटे-बड़े परिवर्तन इसी दायित्व की चेतना के परिणाम हैं। यूँ कहा जा सकता है कि पुस्तक का लेखन पूरे 25 वर्ष चलता रहा। इस अंतिम संस्करण में प्रथम संस्करण के मूलपाठ से सिर्फ आधा रह गया है। चित्र सारे के सारे नये हैं।

कुछ पाठकों ने लेखक से अनुरोध किया है कि पुस्तक की ससाधना न हो, ताकि "चर्चा नये पृष्ठों के लिये हर नया संस्करण न खरीदना पड़े"। पर यह कारण शायद ही लेखक को अपनी वृत्ति और अच्छा बनाने के दायित्व से मुक्त कर सके। "मनोरञ्जक भौतिकी" का रूप भले ही ललित हो, वह ललित साहित्य नहीं वैज्ञानिक साहित्य है। इसका विषय— भौतिकी—

निरंतर नूतन सामग्रियों से परिपूरित होता रहता है और पुस्तक में इन सामग्रियों का समावेश समय समय पर हाते रहना चाहिये।

दूसरी तरफ से यह सुनना पड़ता है कि "मनोरञ्जक भौतिकी" में ऐसे विषयों को स्थान नहीं दिया जा रहा है, जैसे रेडियो-तन्वीक की नवीनतम उपलब्धिया, परमाण्वीय नाभिक का विघटन, आधुनिक भौतिकी के सिद्धांत, आदि। इस तरह के ताने नासमथी के परिणाम हैं। "मनोरञ्जक भौतिकी" का अपना निश्चित लक्ष्य है और ऐसे विषयों पर प्रकाश डालना श्रम पुस्तक का कार्य है।

"मनोरञ्जक भौतिकी" के साथ (इसके दूसरे छेड़ को छोड़कर) लेखक की कुछ श्रम कृतिया भी संबद्ध हैं। इनमें से एक का नाम है "पग-पग पर भौतिक विज्ञान"। यह कुछ कम परिपक्व पाठकों के लिये है, जिसने अभी तक सिलसिलेवार ढंग से भौतिकी का अध्ययन शुरू नहीं किया है। इसके विपरीत दो पुस्तकें उनके लिये हैं जो स्कूल में भौतिकी का अध्ययन समाप्त कर चुके हैं। ये हैं "मनोरञ्जक यात्रिणी" और "क्या आप भौतिकी जानते हैं?"। अंतिम पुस्तक को 'मनोरञ्जक भौतिकी' पुस्तक माला का अंत मान सकते हैं।

अध्याय 1

वेग गतियों का योग

हमारी गति

प्रतियोगिता में एक अच्छा दौड़ारा 15 km की दूरी लगभग 3 min 50 s में तय करता है (1958 का विश्व कीर्तिमान 3 min 36.8 s है)। इसके साथ पदल-यात्री की साधारण श्रिता (15 m/s)की तुलना करने के लिए यदि एक छोटा-सा कलन करे, तो ज्ञात होगा कि वह एक सेकेण्ड में 7 m दौड़ता है। वैसे इन गतियों की तुलना पूरा नहीं की जा सकती पदल-यात्री एक घंटे में 5 km की दूर से घटा चलता रह सकता है, पर प्रतियोगिता में भाग लेने वाला दौड़ारा अपना अधिकतम वेग एक छोटे कालांतर में ही कायम रख सकता है। पदल सेना कीर्तिमान खिलाडी से तिगुनी धीमी—एक सेकेण्ड में 2 m या लगभग 7 km प्रति घंटे—चलती है। सेना अपनी श्रिता में बड़े उतार चढ़ाव जा सकती है, पर दौड़ प्रतियोगिता में भाग लेने वाले ऐसा नहीं कर सकते।

धीमी चाल के लिए मुहावरों की तरह प्रयुक्त होने वाले घोषे और कछुवे जैसे जंतुओं की गति के साथ आदमी की साधारण चाल की तुलना मनोरंजक हो सकती है। “घोषे की चाल” मुहावरों से जो घोषे की श्रिता प्राप्त हुई है, शत प्रतिशत वायसगत है। वह एक सेकेण्ड में 15 mm या एक घंटे में 54 m रेगता है। यह मनुष्य की चाल से ठीक एक हजार गुना कम है। दूसरा क्लामिकल मुस्त जीव कछुवा घोषे में थोड़ा ही तेज चलता है उसकी साधारण गति है 70 m प्रति घंटे।

घोषे और कछुवे की तुलना में आदमी काफी फुर्तीला नजर आता है पर यदि उसकी तुलना परिवेश की अन्य प्राकृतिक गतियों से की जाये, तो वह बिल्कुल दूसरे प्रकाश में नजर आएगा। यह सच है कि वह अधिकतर मैदानी गतियों की धारा में दौड़ में हरा सकता है और मद समीर से कुछ ही पीछे रहता है, पर एक सेकेण्ड में 5 m उड़ने वाली मक्खी के साथ

घादमी सिर्फ स्वीडन पर ही प्रतियोगिता कर सकता है। घरदे या तिकारी कुत्ते को घादमी सरपट दौड़ते घोने पर भी नहीं हरा सकता। गरुड के साथ घादमी सिर्फ हवाई जहाज पर ही प्रतियोगिता कर सकता है।

घादमी द्वारा आविष्कृत भगीन उस विश्व के शिप्रतम बीव म परिणत कर रही हैं।

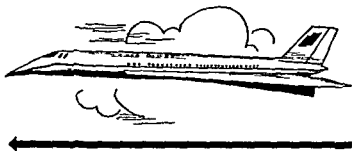


चित्र 1 मोटर-कार जील 111

कुछ ही समय पहले सोवियत संघ में जलगत डैना वाला यात्री स्टीमर बनाया गया है, जो अपनी वेग 60 70 km/h तक बढ़ा सकता है। जमीन पर घादमी पानी की अपेक्षा अधिक तेज चल सकता है। सोवियत संघ में रेलवे के कुछ भागों में गाड़ी का वेग 100 km/h तक पहुँच जाता है। हल्की सी नयी प्रोटो-कार जील 111 (चित्र 1) अपनी वेग 170 km/h तक बढ़ा सकती है। सात लोगों के बैठने लायक कार 'चाइका' का वेग 160 km/h तक पहुँचता है।

इन गतियों को आधुनिक हवाई जहाज काफी पीछे छोड़ चुके हैं। सोवियत संघ के कई माली हवाई मार्गों पर बड़े बड़े मल्टी सीटर जहाज तु-134 और तु-154 (चित्र 2) उड़ते हैं। उनकी उड़ान का औसत वेग 800 km/h के लगभग है। हाल तक हवाई जहाज बनाने वालों के सामने "ध्वनि बाधा पार कराने की समस्या थी वे विमानों को ध्वनि के वेग (330 m/s या 1200 km/h) से अधिक तेज उड़ाना चाहते थे। यह अब संभव हो चुका है। न-हे, पर शक्तिशाली रिएक्टिव मोटरो वाले विमानों का वेग 2000 km/h के निकट पहुँच सकता है।

मानव निमित्त उपकरण और भी अधिक वेग उपलब्ध कर सकते हैं। वातावरण की घनी परतों की सीमा के निकट उड़ने वाले पृथ्वी के कृत्रिम स्पूतनिक (सहायत्री, हसी से) या सटेलाइट (अगरक्षक, रोमन से) लगभग 8 km/s वेग से गतिमान हैं। सौर मंडल के अग्र ग्रहों की और



चित्र 2 यात्री प्रतिकारी विमान तु 144

उड़ने वाले अंतरिक्षी उपकरण का आरम्भिक वेग द्वितीय अंतरिक्षी वेग (धरातल के समीप 11.2 km के लगभग) से अधिक होता है।

पाठक वेगों की निम्न तालिका के साथ परिचय कर सकता है

घोषा	15 mm/s	54 m/h
कछुवा	20 >	70 >
मछली	1 m/s	36 km/h
पदल यात्री	14 >	5 >
घुड़सवार (दुलकी चाल)	14 >	6 >
" (सरपट चाल)	35 >	126 >
मक्खी	5 >	18 >
स्की करने वाला	5 >	18 >
घुड़सवार (छलागी चाल)	85 >	30 >
जलगत डनों वाला स्टीमर	16 >	58 >
खरहा	18 >	65 >
गरूड	24 >	86 >
शिकारी कृत्ता	25 >	90 >
रेलगाडी	28 >	100 >
कार जील 111	50 >	170 >
कार रेस की मोटरगाडिया (कीत्तिमान)	174 >	633 >
तु 104	220 >	800 >
वायु में ध्वनि	330 >	1200 >
नहा रिफ्लिटव विमान	550 >	2000 >
पृथ्वी, अपने कक्ष पर	30 000 >	108 000 >

समय के पीछे भाग-बौद्ध

क्या प्लानेटोवस्तोक से 8 बजे मुबह उड कर उसा ि 8 बजे मुबह मास्को पहुँचा जा सकता है? प्रश्न िल्लुल प्रयहीन ाही है। यह सचमुच सभव है। इस उत्तर को समझने के लिए सिर्फ यह स्मरण करना है कि मास्को व प्लानेटोवस्तोक व समया म 9 घंटे का अंतर है। यदि विमान इस कालांतर म प्लानेटोवस्तोक से मास्को की दूरी तय कर सकता है, तो वह मास्को उसी समय पहुँचेगा, जिस समय प्लानेटोवस्तोक से उडा था।

प्लानेटोवस्तोक - मास्को की दूरी लगभग 9000 km है। अतः जहाज का वेग $9000 \div 9 = 1000 \text{ km/h}$ होना चाहिए। आधुनिक स्थितियों में ऐसा वेग विल्लुल सभव है।

ध्रुववर्ती प्रशाशा पर सूरज (या और सहा बहें, पृथ्वी) को दौड में पकडने के लिये बहुत कम वेग की आवश्यकता ागी। 77° प्रशाशा (नोवाया जिमल्या नवोर्वी) पर 450 km/h वेग से गतिमान जहाज िये कालांतर में उतना दूर उड सकता है जितना उसी कालांतर म धरातल का कोई बिंदु पृथ्वी के घूणन के कारण प्रक्ष के चारों ओर भूमता है। ऐसे विमान के यात्री को सूरज यमा हुआ दिखेगा वह आकाश म अचल लटका रहेगा और अस्त होने की दिशा में नही बडेगा (सदेह नही कि इसके लिए विमान की उपयुक्त दिशा होनी चाहिए)।

पृथ्वी की परिक्रमा में चंद्रमा को हराना और भी सरल है। चाँद पृथ्वी की घूणन गति से 29 गुना धीमे पृथ्वी की परिक्रमा करता है। (यहाँ राखिक गतियों की नही, बल्कि कोणिक गतियों की तुलना की गयी है)। अतः घंटे में 25-30 km चलने वाला साधारण स्टीमर मध्यवर्ती प्रशाशा पर ही चाँद को दौड में हरा दे सकता है।

“गैवार गय परदस” नामक निबन्धा में माक ट्वेन ऐसी ही एक घटना की याद दिलाते हैं। “यु योक से आजीर द्वीपो तक जाते वक्त अटलांटिक महासागर पर ‘सुदर गर्म मौसम था। रातें दिन से भी बेहतर थी। हमें एक विचित्र घटना देखने का मिली। चाँद हर शाम एक ही समय आकाश व एक ही बिंदु पर टग जाया करता था। चाँद के इस मौलिक आचरण का कारण पहले तो हमारे लिए रहस्य बना रहा, पर बाद में हम समझ गये कि बात क्या है। हम देशांतर रेखा पर 20 मिनट प्रति घंटे की दर

से पूर्व की ओर चल रहे थे, अर्थात् हम ऐसी चाल से चल रहे थे कि चाद से पीछे न रहे!"

सेकेड का सहस्रांश

हम समय को अपने मानवीय मानदंड से नापने के आदी हैं, इसीलिये सेकेड का सहस्रांश हमारे लिये शून्य जैसा ही है। इतने लघु अंतराल हमारे व्यवहार में कुछ ही समय से प्रयुक्त हो रहे हैं। जब लोग सूरज की स्थिति या छाया की लंबाई द्वारा समय निर्धारित करते थे, उस जमाने में मिनट की परिशुद्धता भी अल्पनीय थी (चित्र 3), लोग मिनट को कोई इतना बड़ा परिमाण मानते ही नहीं थे कि उसे नापने की आवश्यकता पड़ती। प्राचीन मनुष्य इतना शांत (बिना किसी जल्दबाजी के) जीवन जीता था कि उसकी गूँस-, जल-, वायु-घट्टियों में मिनट के अंश चिह्नित भी नहीं थे (चित्र 4,5)। सिर्फ XVIII-वीं शती के आरंभ से डायल पर मिनट की सुई को स्थान मिला। सेकेड की सुई XIX-वीं शती के आरंभ में प्रकट हुई।

सेकेड के सहस्रांश में क्या कुछ घट सकता है? बहुत कुछ! यह सच है कि ट्रेन इस कालांतर में सिर्फ तीन सेटीमीटर आगे बढ़ेगी, पर इसी



चित्र 3 आकाश में सूर्य की स्थिति (बायें) और छाया की लंबाई (दायें) के आधार पर समय-निर्धारण।

समय के पीछे भाग-बौध

क्या प्लादीवस्तोक से 8 बजे गुनट उठ कर उमो तिन 8 बजे सुबह मास्को पहुँचा जा सकता है? प्रश्न बिल्कुल अर्थहीन नहीं है। यह सचमुच सम्भव है। इस उत्तर को समझने के लिए सिर्फ यह स्मरण करना है कि मास्को व प्लादीवस्तोक के समय में 9 घंटे का अंतर है। यदि विमान इस कालांतर में प्लादीवस्तोक से मास्को की दूरी तय कर सकता है, तो वह मास्को उसी समय पहुँचेगा, जिस समय प्लादीवस्तोक सा उठा था।

प्लादीवस्तोक - मास्को की दूरी लगभग 9000 km है। अतः जहाज का वेग $9000 \div 9 = 1000 \text{ km/h}$ होना चाहिए। आधुनिक स्थितियों में ऐसा वाग बिल्कुल सम्भव है।

ध्रुववर्ती अक्षांशों पर सूरज (या और सही कहें, पृथ्वी) को दौड़ में पकड़ने के लिये बहुत कम वेग की आवश्यकता होगी। 77° अक्षांश (नोवाया जिभल्या, नवोर्वी) पर 450 km/h वेग से गतिमान जहाज दिने कालांतर में उतना दूर उठ सकता है, जितना उसी कालांतर में धरातल का कोई बिंदु पृथ्वी के घूर्णन व कारण अक्ष के चारों ओर घूमता है। ऐसे विमान के यात्री को सूरज थमा हुआ लियेगा, वह आकाश में अचल लटका रहेगा और अस्त होने की दिशा में नहीं बड़ेगा (सदेह नहीं कि इसके लिए विमान की उपयुक्त दिशा होनी चाहिए)।

पृथ्वी की परिक्रमा में चंद्रमा को हराना और भी सरल है। चाँद पृथ्वी की घूर्णन गति से 29 गुना धीमे पृथ्वी की परिक्रमा करता है। (यहाँ रेखिक गतियों की नहीं, बल्कि कोणिक गतियों की तुलना की गयी है)। अतः घंटे में 25-30 km चलने वाला साधारण स्टीमर मध्यवर्ती अक्षांशों पर ही 'चाँद को दौड़ में हरा दे सकता है'।

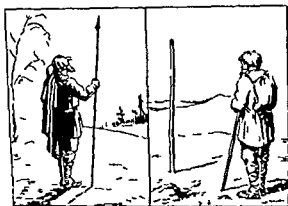
गँवार गये परदेस' नामक निबंधों में भाक टवेन ऐसी ही एक घटना की याद दिलाते हैं। 'यु-याक से आजोर द्वीपों तक जाते वक्त अटलांटिक महासागर पर 'सुंदर गर्म मौसम था। राते दिन से भी बेहतर थी। हम एक विचित्र घटना देखने को मिली चाँद हर शाम एक ही समय आकाश के एक ही बिंदु पर टग जाया करता था। चाँद के इस मौलिक आचरण का कारण पहले तो हमारे लिए रहस्य बना रहा, पर बाद में हम समझ गये कि बात क्या है हम देशांतर रेखा पर 20 मिनट प्रति घंटा की दर

से पूव की ओर चल रहे थे, अर्थात् हम ऐसी चाल से चल रहे थे कि चाद से पीछे न रह।”

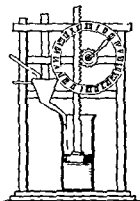
सेकेड का सहस्त्राश

हम समय को अपने मानवीय मानदंड से नापने के आदी हैं, इसीलिये सेकंड का सहस्त्राश हमारे लिये शून्य जसा ही है। इतने लघु अंतराल हमारे व्यवहार में कुछ ही समय से प्रयुक्त हो रहे हैं। जब लोग सूरज की स्थिति या छाया की लंबाई द्वारा समय निर्धारित करते थे, उस जमाने में मिनट की परिशुद्धता भी अल्पनीय थी (चित्र 3), लोग मिनट को कोई इतना बड़ा परिमाण मानते ही नहीं थे कि उसे नापने की आवश्यकता पडती। प्राचीन मनुष्य इतना शांत (बिना किसी जल्दबाजी के) जीवन जीता था कि उसकी सूय-, जल-, वायु-घडिया में मिनट के अंश चिह्नित भी नहीं थे (चित्र 4,5)। सिर्फ XVIII-वीं शती के आरंभ से डायल पर मिनट की सुई को स्थान मिला। सेकेड की सुई XIX-वीं शती के आरंभ में प्रकट हुई।

सेकेड के सहस्त्राश में क्या कुछ घट सकता है? बहुत कुछ! यह सच है कि ट्रेन इस कालांतर में सिर्फ तीन सेटीमीटर आगे बडेगी, पर इसी



चित्र 3 आकाश में सूय की स्थिति (दायें) और छाया की लंबाई (बायें) के आधार पर समय-निर्धारण।



चित्र 4 प्राचीन काल में प्रयुक्त जल घड़ी।



चित्र 5 पुरानी जेबी घड़ी।

बालातर में ध्वनि 33 cm, हवाई जहाज लगभग आधा मीटर, सूर्य के परिभ्रमण में पृथ्वी 30 m और प्रकाश 300 km चल चुकेगा।

हमारे परिवेश में जीने वाले नहें जीवों में यदि सोचने की क्षमता होती, तो वे सेकंड के सहस्रांश को शायद इतना नगण्य नहीं मानते। उदाहरणार्थ, कीड़े पतंगे इस परिमाण (राशि) को पूर्णतया अनुभव कर सकते हैं, उनके लिये सेकंड का सहस्रांश पूर्णतया अनुभवगत है। मच्छर एक सेकंड की अवधि में 5-6 सौ बार पंख फड़फड़ाता है, अर्थात् सेकंड के हवाके अंश में वह उड़ उठाने व गिराने में सफल हो जाता है।

आदमी अपने अंगों का इतनी तेजी से गतिमान नहीं कर सकता जितना कीड़े पतंगे। हममें सबसे शीघ्र गति है पलक झपकाना। 'पल', 'पल भर में', 'पलक मारते' आदि व्यंजनों का आदि स्रोत हमारा पलक झपकाना ही है। यह इतना जल्द होता है कि पलक मुदने से हम अंधकार भी नोट नहीं करते। पर बहुत ही कम लोग जानते होंगे कि कल्पनातीत शिघ्रता का समानांतर 'पलक झपकाना' दरअसल काफी धीमी प्रक्रिया साबित होगी, यदि उसे सेकंड के सहस्रांश में नापा जाय। परिशुद्ध मापों का ज्ञान होना है कि एक पूरा 'पलक' औसतन 2/5 सेकंड अर्थात् 400 गरुड-सहस्रांश का बराबर होता है। पलक झपकाना निम्न चरणों में संपन्न होता है पलक का गिरना (75-90 सेकंड सहस्रांश), गिरे पलक

की प्रचल प्रवृत्त्या (130-170 सहस्रांश) और उनका उटना (लगभग 170 सहस्रांश) । स्पष्ट है कि अपने शाब्दिक अर्थ में "पलक" समय की पर्याप्त बड़ी राशि है, जिसमें दरम्यान पलक थोड़ा विधाम भी करने में सफल हो जाती है। यदि सेकेड का सहस्रांश हमारे लिये अनुभवगत होता, तो 'एक पल' में हम पलक की दा धीमी तैरती गतिपा को देखते, जो विधाम के अंतराल से विभक्त होती।

ऐसी स्नायु प्रणाली के कारण दुनिया हमें इतनी बदली हुई दिखती कि उसे हम पहचान भी नहीं पाते। हमारी आँखा के समक्ष वैसे ही आश्चर्य-जनक चित्र उभरते, जिनका वणन अग्नेज लेखक वेल्स ने "नवीनतम त्वरित" नामक कहानी में किया है। कहानी के पात्र एक काल्पनिक मिवसचर पी लत है, जो उनकी स्नायु प्रणाली को इस प्रकार प्रभावित करता है कि त्वरित घटनाओं उह धीमी दृष्टिगोचर होती हैं।

ये रहे इस कहानी से कुछ उदाहरण

"—आपने कभी देखा है कि पर्दा खिड़की से इस प्रकार चिपका हो ?

मैंने पर्दे पर निगाह डाली और ध्यान दिया कि वह अपनी जगह पर थम-सा गया है, उसका कोना हवा के चोरे से मुड़ा है और पहरे की बजाय बसे ही रुक गया है।

—कभी नहीं देखा,—मैंने कहा।—कितनी विचित्र बात है।

—और यह क्या है ?—उसने पूछा और गिलास पर से उपलियों की जकड़ ढीली कर दी।

—मरी उम्मीद थी कि गिलास फल पर चूर चूर हो जाएगा, पर वह हिला भी नहीं वह हवा में स्थिर लटका था।

—आप अवश्य ही जानते होंगे,—जिबेन ने बताया,—कि स्वतंत्र गिरती हुई वस्तु प्रथम सेकेड में 5m नीचे आती है। और हमारा गिलास अभी ये ही 5m तय कर रहा है। लेकिन आप समझ रहे हैं कि अभी सेकेड का सौवा अंश भी नहीं बीता है।¹ इससे आप मेरे त्वरित की शक्ति का अंदाजा लगा सकते हैं।

¹ ध्यान में रखना चाहिये कि अपने स्वतंत्र अभिपातन के प्रथम सेकेड के प्रथम शतांश में पिंड 5m का शतांश नहीं, बल्कि 10 000-वा अंश तय करता है (सूत्र $S = gt^2/2$ के अनुसार) । यह आधा मिलिमीटर होगा। प्रथम सेकेड-सहस्रांश में पिंड सिर्फ 1/200' मी तय करता है।

गिनाम धीरे धीरे गीने का रहा था। त्रिबेई न गिनाम के नि-
हास पर कर गिनाम उगम ऊपर, भीम

मैन गिहरी न हाव कर देगा। एक गाइस्विन गमार एक ह
रपान पर जमा हुआ था। उगरे पीछ धून की गुबार लगी थी।
इस क्षण यह एक टमटम का गीता कर रहा था, जो हमारे नि-
हासने ग्यात न एक द्रव भी नहीं बढ़ रहा था।

हमारा ध्यात एक बगीचा का घोर घावपित हुआ, जो
मूरत बन कर गड़ा था। पसर का ऊगरी हिग्गा, घारे न पैर,
पायुन का गोर, गारीया का निपमा जबरा (उत्तम प्रभा प्रमी
कुछ घबाना शुरू किया था) - यह सब धीम ही गरी, पर बन रहे
थे, बाकी सब कुछ इस गुप्त गारी म बेजान था। लोग उत्तम मूर्तियों
की तरह बैठे थे।

एक घाम्मी के हाथ-पर ठीक उग क्षण धम ग्य थे, जब
यह तेज हवा म घघमार तह करने के लिये समानवीय प्रमान म रह
था। पर हमारे लिये इस हवा का कोई अस्तित्व नहीं था।

मेरे धर्मों मे इस 'स्वरित' के गमते के बाद से जो कुछ
भी मैन बहा है, सोचा है या किया है, धय लोग की नजर में पूरे
ब्रह्मांड की दृष्टि म मात्र एक पल था।'

सम्भवत पाठक के लिये यह जानना दिलचस्प हो कि आधुनिक विज्ञान
के साधनों से समय का बित्तना छोटा अंतराल मापा जा सकता है। इस
शती व आरम्भ में सेकंड का 10 000-वाँ अंश मापा जा सकता था। आज
की प्रयोगशालाओं में भौतिकविद सेकंड का 100 000 000 000 वाँ अंश
माप सकते हैं। यह अंतराल पूरे सेकंड से उतना ही छोटा है, जितना
3 000 वर्ष की अवधि से एक सेकंड।

काल विभासक

अपना 'नवीनतम स्वरित' लिखते वक्त वेल्स ने शायद ही सोचा
होगा कि इस तरह की चीज सचमुच कभी न कभी बनेगी। पर इस दिन
को उसके जीवन-काल में ही आना था। वह खुद अपनी आँखों से उन चित्तों

को देख सका (पदों पर ही सही), जिहे कभी उसकी बल्पनाशक्ति ने जम दिया था। तथाकथित "बाल विशालक" हमें पदों पर उन घटनाओं को धीमी गति से दिखाता है, जो अक्सर बहुत तेजी के साथ घटती हैं।

"बाल - विशालक" सिनेमा का कैमरा है, जो साधारण मूवी-कैमरो की तरह एक सेवेड में 24 ही नहीं, इससे कई गुनी अधिक तस्वीरे लेता है। इस कमरे से तस्वीर ली गयी परिघटना को यदि एक सेवेड में 24 तस्वीरों की साधारण गति से पदों पर दिखाया जाये, तो दशक को परिघटना समझी हुई लगती है, क्योंकि पदों पर वह दुगुनी तिगुनी धीमी गति से घटती है। पाठकों ने अवश्य ही ऐसी अस्वाभाविक छलांगे व धीमी की गयी अन्य घटनायें पदों पर देखी होगी। इसी प्रकार के और भी जटिल कमरो से घटनायें अधिक मद की जा सकती हैं, जो लगभग वैसी ही होगी, जिनका वर्णन वेल्स न किया था।

सूय-परिभ्रमा की गति जब तेज - रात में या दिन में ?

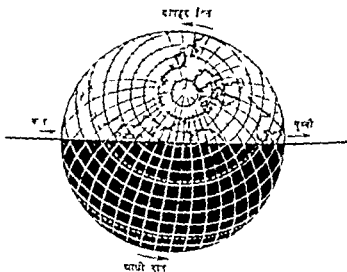
पेरिस के अखबारा में एक विनायन छापा, जिसमें 25 सेटिम में बिना किसी थकावट के यात्रा की सस्ती विधि बताने का वादा किया गया था। कई लोगों ने विश्वास कर के उक्त रकम भेज दी। जवाब में उन्हें पत्र मिला, जिसका आशय इस प्रकार था

"भाइयो, आराम से बिस्तर में बड़े रहिये। याद रखें कि हमारी पृथ्वी घूमती है। पेरिस में (49-वें अक्षांश पर) आप हर दिन 25 000 km से अधिक दूरी तय करते हैं। और यदि आप सुरम्य दृश्या को पसंद करते हैं, तो खिडकी के पदों हटा दें और तारक मंडित आकाश की वाह-वाही किया करे।

बाद में इस धड़े के अपराधी पर जब ठगी का मुकदमा चलाया गया, उसने फँसला सुन कर जुर्माना अदा कर दिया और, जसा कहने हैं नाटकीय मुद्रा में खड़ा हो कर गौरव से गैलीली के प्रसिद्ध शब्द दुहराने लगा

- जो भी कहे वह घूमती है।

अभियुक्त एक तरह से सही भी था, क्योंकि हर पृथ्वीवासी पृथ्वी की घुरी के चारों ओर घूम कर ही "यात्रा" नहीं करता। वह कहीं और अधिक वेग से पृथ्वी के साथ सूय की परिभ्रमा भी करता है। अपने सभी



चित्र 6 पृथ्वी के राति वात अद म सोग सूर्य की परिक्रमा अधिा तेजी से करते हैं अपेक्षाकृत दिन वात अद म।

वास्तव्या क साथ हमार अद अपने अक्ष के गिद घुणन ही नहा करता, वह हर सेकड 30km की दूरी व्याम म भी तय करता है।

इस सदम मे एक रोचक प्रश्न उठाय़ा जा सकना है कब हम अधिक तेजी से सूरज की परिक्रमा करत हैं—दिन मे या रात मे?

प्रश्न चकराने वाला है पृथ्वी पर तो हमेशा ही एक तरफ दिन रहता है और एक तरफ रात। फिर इस प्रश्न का अय क्या है? शायद कुछ भी नहीं।

पर ऐसी बात नहा है। यह तो नहीं पूछा जा रहा है कि कब सारी पृथ्वी तेज या धीमी चनती है। प्रश्न है कि कब हम, पृथ्वी पर जीने वाले वाग, तेजी से तारो के बीच भ्रमण करते है। और यह प्रश्न निरयक बिल्कुल नहीं बहा जा सकता। सौर-मडल म हमार गति द्विविध है हम सूर्य की परिक्रमा करते हैं और साथ ही पृथ्वी की धुरी का भी चकर उगाते हैं। दोनो गतिया के योग का परिणाम हमेशा एक जसा नहीं होता। यह इस बात पर निर्भर करता है कि हम पृथ्वी के किस अक्ष म है—रात वाले म या दिन वाले मे। चित्र 6 पर एक नजर डालिये और आप समझ

जायेंगे कि आधी रात को पृथ्वी की घूर्णन गति उसकी अग्रगामी गति के साथ जुड़ जाती है और दोपहर दिन में इससे विपरीत उसमें घट जाती है। अर्थात् आधी रात को हम सौर मंडल में दोपहर की अपेक्षा अधिक तेजी से गतिमान रहते हैं।

चूंकि विष्वक् (विषुवत रेखा) के बिंदु एक सेवेड में लगभग आधा किलोमीटर भागते हैं, विष्वक् कटि पर अधरात्रि और दोपहर की गतियों में पूरे एक किलोमीटर प्रति सेवेड का अंतर है। ज्यामिति से परिचित लोग सरलतापूर्वक बलन कर सकते हैं कि लेनिनग्राद के लिये (जो 60-वें अक्षांश पर है) यह अंतर दुगुना कम है। आधी रात को लेनिनग्राद के निवासी सौर-मंडल में प्रति सेवेड आधा किलोमीटर अधिक तय करते हैं, बनिस्वत कि दिन में।

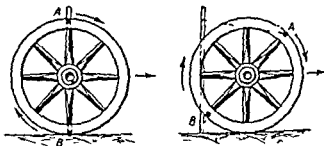
$$\frac{10581}{293.90}$$

चक्के का चमत्कार

घोडागाड़ी के चक्के की किनारी (या साइक्ल के टायर) पर रंगीन कागज का एक टुकड़ा चिपका दें। जब गाड़ी (या साइक्ल) चलने लगे, कागज के टुकड़े को ध्यान से देखते रहें। आप एक विचित्र बात गौर करेंगे। कागज जबतक चक्के के निचले भाग में है, वह आराम से स्पष्ट दिखता रहता है। ऊपरी भाग में वह इतनी तेजी से घूमता है कि आप मुश्किल से उसकी झलक ले पाते हैं।

ऐसा लगता है मानो चक्के के निचले भाग की अपेक्षा ऊपरी भाग अधिक तेजी से गतिमान है। किसी चलती बग्गी के चक्के में ऊपर और नीचे की तीलियों को देखा जाये, तो यही बात नजर आयेगी। ऊपरी तीलियाँ एक-दूसरे से स्पष्टतः अलग-अलग दिखती हैं, जबकि नीचे की तीलियाँ स्पष्ट रूप से अलग-अलग दिखती हैं। इससे भी मांगो यही निष्कर्ष निकलता है कि चक्के का ऊपरी भाग निचले की अपेक्षा अधिक तेजी से घूमता है।

इस विचित्र रहस्य की कुजी क्या है? यही कि लुढ़कते चक्के का ऊपरी भाग निचले की अपेक्षा सन्नमूच में अधिक तेज घूमता है। पहली दृष्टि में तथ्य असंभव सा लगता है, पर एक सरल तक इसमें विश्वास मिलाने के लिये काफी रहेगा। लुढ़कते चक्के का हर बिंदु दो प्रकार से गतिमान होता है वह अक्ष की परिक्रमा करता है और अक्ष के साथ-साथ आगे



चित्र 7 वसे देखा जाये कि चक्के के निचले भाग की अपेक्षा ऊपरी भाग अधिक तेज घूमता है। अचल छड़ी छड़ी से बिंदुओं A व B की दूरियों की तुलना करें (दायें आरेख में)।

भी बढ़ता है। पृथ्वी के गोले की तरह ही यहाँ भी दो गतियों का संयोजन होता है जिसका परिणाम चक्के के ऊपरी और निचले भागों के लिये पर्यक होता है। ऊपर चक्के की घूर्णन गति उसकी अग्रगामी गति के साथ जुड़ती है क्योंकि दाना गतियों की दिशाएँ समान हैं। नीचे घूर्णन गति की दिशा विपरीत है अतः वह अग्रगामी गति में घट जाती है। इसीलिये स्थिर अवलोकक के सापेक्ष चक्के का ऊपरी भाग निचले की अपेक्षा अधिक तेजी से स्थानांतरित होता है।

उपरोक्त बात की सत्यता एक सरल प्रयोग द्वारा जाँची जा सकती है। टमटम के चक्के के पास जमीन में एक छड़ी लंब रूप से गाड़ दें। छड़ी चक्के की धुरी के ठीक सामने होनी चाहिये। चक्के की किनारी पर सबसे ऊपरी और सबसे निचले बिंदुओं पर कोयले या चल्ली से निशान लगा दें ये निशान छड़ी के ठीक सामने होंगे। अब टमटम को दायें लुढ़कायें (चित्र 7), ताकि अक्ष छड़ी से करीब 20-30 सेंटीमीटर आगे बढ़ जाये। ध्यान दें कि आपके निशानों का स्थानांतरण किस प्रकार हुआ है। ऊपरी चिह्न A विशेष रूप से आगे बढ़ा होगा, जबकि निचला निशान B छड़ी के लगभग पास ही होगा।

चक्के का सबसे सुस्त हिस्सा

हमने देखा कि गाड़ी के चक्के में सभी बिंदु समान क्षिप्रता से स्थानांतरित नहीं होते। लुढ़कते चक्के का कौन सा भाग सबसे धीमा होता है?

समयना कठिन नहीं है कि चक्के में सबसे घीमी गति उन बिंदुओं की है, जो दिये क्षण में जमीन को स्पर्श करते हैं। ठीक-ठीक कहा जाये, तो ये बिंदु जमीन छूते वक्त बिल्कुल भ्रमल होते हैं।

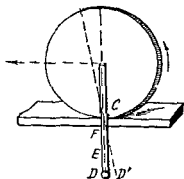
उपरोक्त बात सिर्फ सुझावते चक्के के बारे में सही है, भ्रमल भ्रम पर घूमते चक्के के साथ यह बात सही नहीं उतरती। उदाहरणार्थ, भ्रौटो-गाड़ियों में लगे गति-सामक चक्र के ऊपरी और निचले भाग समान वेग रखते हैं।

प्रश्न है, भ्रमल नहीं

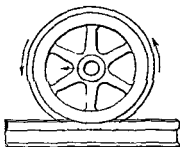
यह प्रश्न भी कुछ कम मनोरंजक नहीं है। लेनिनग्राद से मास्को जाने वाली ट्रेन में ऐसे बिंदु होते हैं या नहीं, जो पटरियों के सापेक्ष उल्टा मास्को से लेनिनग्राद की ओर गतिमान हों?

ज्ञात होता है कि ऐसे बिंदु हर चक्के पर हर क्षण विद्यमान होते हैं। किस जगह होते हैं ये?

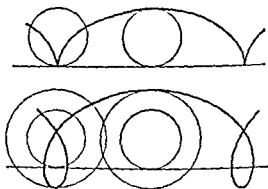
आप अवश्य ही जानते होंगे कि ट्रेन के चक्कों की किनारी पर होठ जैसा गोट निकला रहता है। इसी गोट के निचले बिंदु ऐसे होते हैं, जो ट्रेन के चलते वक्त आगे की बजाय पीछे की ओर स्थानांतरित होते हैं।



चित्र 8 वृत्ताकार वस्तु और तीली के साथ प्रयोग। जब चक्का बायीं ओर सुघड़ता है, तीली के बाहर निकले हिस्से के बिंदु F, E, D उल्टी दिशा में गतिमान होने हैं।



चित्र 9 जब ट्रेन के चक्के बायीं ओर घूमते हैं, उनकी बाहर निकली किनारी के निचले भाग दायीं ओर अर्थात् विपरीत दिशा में गतिमान होते हैं।



चित्र 10 ऊपर के आरेख में दिखायी गयी वक्र रेखा (बजाम) वह पथ दिखाती है, जिसपर चक्के की किनारी का हर बिंदु भ्रमण करता है। नीचे-वक्र रेखा, जिसे ट्रेन के चक्के के निचले भाग के हर बिंदु निरूपित करते हैं।

इस बात की सत्यता आप निम्न प्रयोग द्वारा सरलतापूर्वक जाँच सकते हैं। किसी वृत्ताकार वस्तु (जैसे एक सिक्के या बटन) पर मोम से मार्बल की एक तीली इस प्रकार चिपका लें कि वह त्रिज्या पर से गुजरती हुई कोर से काफी बाहर निकली रहे। घड़े स्केल के कोर के बिंदु C पर सिक्के को रख कर दायें से बायीं ओर लुढ़कायेंगे (चित्र 8), तो तीली के निचले हुए भाग के बिंदु F, E D आगे नहीं, पीछे खिसकेंगे। बिंदु वृत्त के कोर से जितना ही दूर होगा, उतना ही अधिक वह पीछे खिसकेगा (बिंदु D का स्थान D हो जाएगा)।

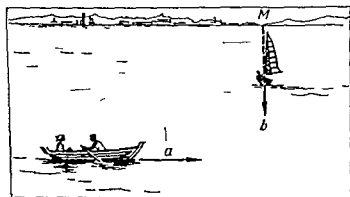
ट्रेन में चक्के की गोट की गति वैसी ही होती है, जैसी हमारे प्रयोग में तीली के निचले हुए भाग की।

अब आपको इस बात से आश्चर्य नहीं होना चाहिए कि ट्रेन में ऐसे बिंदु भी हैं, जो आगे की बजाम पीछे चलते हैं। यह सत्य है कि ऐसी गति सिर्फ सेवेड के क्षुद्रांश में ही सीमित रहती है। पर जो भी हो, हमारी सामान्य धारणा के बावजूद ट्रेन में उसके विरुद्ध स्थानांतरण भी होते हैं। उनका दास चित्र 9 व 10 द्वारा स्पष्ट की गयी हैं।

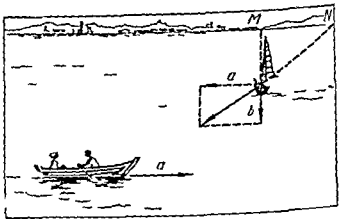
नाव कहाँ से चली ?

कल्पना कर कि एक चप्पूदार नाव झील में चल रही है और हमारे चित्र 11 में तीर a उसकी गति की दिशा और वेग द्योतित करता है। उसके पथ के साथ समकोण बनाती रेखा पर एक पाल वाली नाव आ रही है। तीर b उसकी दिशा और वेग दर्शाता है। यदि आप से पूछा जाये कि यह नाव कहाँ से चली थी, तो आप बेशक तट पर बिंदु M दिखा देंगे। पर यही प्रश्न यदि चप्पूदार नाव के यात्रियों को दिया जाये, तो वे बिल्कुल ही दूसरा बिंदु बतायेंगे। क्या ?

कारण यह है कि यात्री दूसरी नौका का अपने पथ के सब चलती नहीं देखते। वे अपनी गति महसूस नहीं करते उन्हें लगता है कि वे एक ही स्थान पर खड़े हैं और चारों ओर की चीजें उनकी खुद की गति से (पर विपरीत दिशा में) चल रही हैं। अतः उनके लिये पाल वाली नौका तीर b की दिशा में ही नहीं बल्कि चप्पूदार नौका के विपरीत छिन तीर a की दिशा में भी चल रही है (दे चित्र 12)। पाल वाली नौका की वास्तविक व प्रतीयमान दोनों गतियाँ समांतर चतुर्भुज के नियम से जोड़ी जाती हैं। परिणाम स्वरूप यात्रियों को लगता है कि पाल वाली



चित्र 11 पाल वाली नाव का पथ चप्पूदार नाव के पथ के सब है। तीर a व b वेग द्योतित करते हैं। चप्पू चलाने वालों को क्या दिखेगा।



चित्र 12 चप्पू चलाने वालों को लगता है कि पाल वाला नाव बिंदु M से नहीं, N से आ रही है, अर्थात् वह उनके पथ के लंब नहा, तिरछा चल रही है।

नाव b और a भुजाओं से बने समांतर चतुर्भुज के कर्ण पर चल रही है। यही कारण है कि यात्री पाल वाली नाव की रवानगी का स्थान M नहीं बता कर बिंदु N बताते हैं, जो उनकी गति की दिशा में बहुत दूर है (चित्र 12)।

जिस प्रकार चप्पूदार नाव के यात्री पाल वाली नाव के प्रस्थान का स्थल गलत निर्धारित करते हैं उसी प्रकार हम भी तारों से हमारी प्राचीन तक आती विरणों के उदगम का स्थान आकाश में गलत बताते हैं। कारण यही है कि हम अपनी उस गति को ध्यान में नहीं रखते, जिससे हम पृथ्वी पर बैठे उसके कक्ष पर सूरज की परिभ्रमा करते हैं। इसीलिये तारे हमें पृथ्वी की गति-पथ पर छोड़ा भागे विस्थापित लगते हैं। यह सही है कि पृथ्वी का वेग प्रकाश-वेग की तुलना में नगण्य है (10 000 गुना कम है) और इसीलिये तारों का आभासी विस्थापन नगण्य होता है। पर फिर भी उसे खगोलिकी के उपकरणों से ज्ञात किया जा सकता है। एसी परिघटना को प्रकाश का विपथन कहते हैं।

यदि ऐसे प्रश्नों में आपकी दिलचस्पी हाँ गयी हो, तो नाव वाले प्रश्न की शक्ती को बिना परिवर्तित किये बताने की कोशिश करें

1) पाल वाली नाव के यात्रियों के लिये चप्पूदार नाव की दिशा क्या होगी ?

2) पाल वाली नाव के यात्रियों के दृष्टिकोण से चप्पूदार नाव किस स्थान पर पहुँचिगी ?

इन प्रश्नों का उत्तर देने के लिये आपको a रेखा पर (चित्र 12) गतियों का समांतर चतुर्भुज बनाना होगा, उसका कण दिखायेगा कि पालवाली नाव के यात्रियों को चप्पूदार नाव तिरछी चलती नजर आयेगी मानो वह तट पर लगने जा रही हो।

अध्याय 2

गुरुत्व और भार उत्तोलक दाय

उठिये

यदि मैं आप से कहूँ "अभी आप कुर्सी पर ऐसे बैठेंगे कि उठ नहीं सके
हालांकि आप बंधे नहीं होंगे," आप इसे बेशक मजाक मानेंगे।

ठीक है। आप ऐसे बैठिये जैसे चित्र 13 में आदमी बठा है। घट
सीधा हो और पर कुर्सी के नीचे न मुड़े हो। अब खड़े होने की कोशिश
करें, शक है कि पैरों की स्थिति न बदले और घट आगे न झुके।

नहीं हो रहा है? पशियों की लाख कोशिश से भी आप खड़े नहीं
हो सकते, जबतक आप पैरों को कुर्सी के नीचे नहीं मोड़ते या घट आगे
नहीं झुकाते।

इसका कारण समझने के लिये हमें पिंडों के सतुलन पर व्यापक रूप
से और आदमी के सतुलन पर विशेष रूप से बात करनी होगी। खड़ी वस्तु
सिर्फ उस स्थिति में नहीं गिरती, जब उसके गुरुत्व केन्द्र से खींची गयी

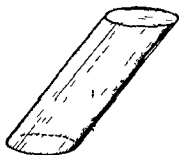


चित्र 13 इस मुद्रा में बैठे रह
कर खड़ा नहीं हो सकते।

साहूल रेखा (सीधी, लंबवत खड़ी रेखा)
उसके आधार के दायरे (आतव-क्षेत्र)
में पड़ती रहती है। अतः चित्र 14 का
नत बेलन अवश्य ही गिरेगा। यदि वह
इतना चौड़ा होता कि उसके गुरुत्व केन्द्र से
खींची गयी साहूल रेखा उसके आतव-क्षेत्र
में ही पड़ती तो बेलन नहीं गिरता।
पीसा की झुकी मीनार या प्रखौण्डक
का गिरता घटाघर' इतना झका होने
पर भी नहीं गिरता, क्योंकि उनके गुरुत्व
केन्द्र से चली साहूल रेखा उनके आधार
के दायरे से बाहर नहीं पड़ती (इतना

एक गौण कारण यह भी है कि वे काफी गहरी नींव पर खड़े हैं)।

खड़ा आदमी तभी तक नहीं गिरता, जब तक कि उसके



चित्र 14 यह बेलन गिर जायेगा, क्योंकि उसके गुरुत्व केन्द्र से खींची गयी साहूल रेखा उसके आधार-क्षेत्र के बाहर पड़ रही है।

चित्र 15 अर्बॉगेंत्स्क का 'गिरता पटापर (पुराने फोटोग्राफ से)।

गुरुत्व केंद्र से गुजरती साहूल रेखा उसकी एडिया से घिरे क्षेत्र के भीतर गिरती है। इसीलिये एक पैर पर खड़ा होना कठिन है, तनी रस्ती पर खड़ा होना और भी मुश्किल है। आधार या आलव-क्षेत्र बहुत ही कम है और साहूल-रेखा के लिये उसकी सीमा से बाहर निकल आना बहुत सरल है। आपने कभी ध्यान दिया है कि पुराने घाघ नाविकों की चाल कितनी बेढब होती है? उनकी सारी जिदगी हिचकोले खाते जहाजों पर बीतती है, जहाँ उनके शरीर के गुरुत्व केन्द्र से गुजरती साहूल रेखा किसी भी क्षण उनकी एडियो से घिरे क्षेत्र के बाहर चली आ सकती है। इसीलिये वे इस तरह चलने की आदत बना लेते हैं कि उनके शरीर का आधार अधिक से अधिक स्थान घेर कर रखे, अर्थात् पर अधिक से अधिक खुले हो। इससे नाविकों को हिचकोलों के बीच आवश्यक स्थिरता प्राप्त होती है। स्वाभाविक है कि स्थिर जमान पर चलते वक्त भी उनकी यह आदत नहीं छूटती। इसका विपरीत उदाहरण भी दिया जा सकता है, जिसमें सतुलन बनाये रखने की



चित्र 16 खड़े आदमी के गुस्त्व केन्द्र से गुजरती साटूल रेखा दोनों तलवों से घिरे क्षेत्र में पड़ती है।

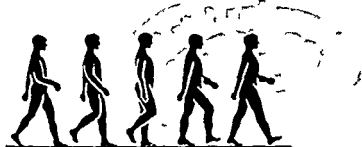
भावश्यकता मुद्रा की सुदरता का आधार बन जाती है। आपने कभी ध्यान लिया है कि कब पर बोझ डोने वालों की प्राकृति कितनी सुदूर होती है? सिर पर घड़ा लिये स्त्री के सिर की मनोहरता सभी को ज्ञात है। सिर पर बोझ ढीले वक्त सिर और घड़ को बिन्दुन सीधा रखना पड़ता है हल्का सा झुकाव भी गुस्त्व केन्द्र की आलव-क्षेत्र से बाहर कर देता (क्याकि इस स्थिति में गुस्त्व केन्द्र विषम रूप से ऊपर उठ आया है!) और प्राकृति का समुलन बिगाड़ देगा।

अब बंठे से खड़े होने के प्रयोग की ओर लौटें। बंठे हुए आदमी के घड़ का गुस्त्व केन्द्र शरीर के भीतर मेरूदण्ड के पास नाभि से करीब 20 सेंटीमीटर ऊपर होता है। यहाँ से नीचे की ओर साटूल रेखा खींचे वह ठीक कुर्सी के नीचे, एडिमा के पीछे पहुँचिगी। पर आदमी खड़ा हो सके, इसके लिये आवश्यक है कि यह रेखा एडिमा के बीच खड़ी हो।

अत उठते वक्त हमें या तो छाती आगे की ओर झुकानी चाहिए या पराँ को पीछे कर के गुस्त्व केन्द्र को टेक देनी चाहिए। कुर्सी पर से उठते वक्त हम अक्सर यही करते हैं। लेकिन यदि हमें दोनों में से कुछ भी करने की अनुमति नहीं है, तो जमा कि आप देख चुके हैं उठना मुश्किल है।

चलना और दौडना

दैनिक जीवन में जो चीजें हम लाखों हजारों बार दुहराते हैं, हम अच्युती तरह ज्ञान होनी चाहिये। सोचा नहीं जाता है, पर हमेशा ऐसा नहीं होता। इसके सुदूर उदाहरण हैं—चलना और दौडना। इनसे बड़ कर हमारे लिये परिचित शब्द ही कोई दूसरी गति ही। पर कितने ऐसे लोग मिलेंगे, जो अच्छी तरह जानते हैं कि चलने और दौडने में शरीर आगे कस बढ़ता है और इन दो प्रकार की गतियों में क्या अंतर है? जेठें कि शरीरक्रिया



चित्र 17 आदमी का चलना। शरीर की त्रिभुज मुद्रायें।

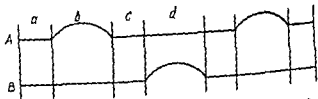
विज्ञान चलने व दौड़ने के बारे में क्या कहता है।¹ मुझे विश्वास है कि प्राधिकतर लोगो के लिये यह वणन नया होगा।

"मान ले कि आदमी एक पैर पर खड़ा है, उदाहरणार्थ दायें पैर पर। अब कल्पना करें कि वह हल्के से पिछली एड़ी उठाता है और साथ ही धड़ को आगे झुकाता है।² स्पष्ट है कि इस स्थिति में गुरुत्व केन्द्र आलव-क्षेत्र से बाहर निकल आयेगा और आदमी आगे की ओर गिरेगा। लेकिन जैसे ही उसका गिरना शुरू होता है, हवा में लटका उसका बाया पैर जल्दी से आगे बढ़ता है और गुरुत्व केन्द्र से खिंचे लव के पाद से कुछ दूर जमीन पर रुकता है। इससे लव दोनों पैरो के आलव बिंदुओं से धिरे छेद में आ जाता है और आदमी का गिरना रुक जाता है। सतुलन पुन कायम हो जाता है और आदमी एक कदम पूरा कर लेता है।

आदमी इस उबताने वाली स्थिति में रुका रह सकता है, पर यदि वह आगे बढ़ना चाहता है, तो वह शरीर को थोड़ा आगे झुकाता है, गुरुत्व केन्द्र से खिंचे लव को टेक-क्षेत्र के बाहर ले जाता है और फिर गिरने के क्षण पर आगे बढ़ा देता है—लेकिन इस बार बाया नहीं, दाया पैर।

¹अवतरण प्रो पोल बेट के 'जैविकी पर व्याख्यान' से लिये गये हैं, चित्र सकलनकर्ता की तरफ से।

²चलने की प्रक्रिया में आघार बिंदु को इस प्रकार घकेलते वकत आदमी अपने भार के साथ साथ उस पर लगभग 20 kg का अतिरिक्त दाब डालता है। इसी से यह निष्कप निकलता है कि चलते वकन आदमी जमीन को अधिक जोर से दबाता है, बनिस्वत कि जब वह खड़ा रहता है।— मा पे



चित्र 18 चलते वनत पैरो की गति का आरेख। ऊपरी रेखा A एक पा की गति दिखाती है और निचली रेखा B—दूसरे पर की। मग्न रेखाएँ पैरो से जमीन टेकने के क्षणों को दिखाती हैं और चाप—जब पर रिन टेक के गतिमान रहते हैं। आरेख से स्पष्ट है कि अंतराल a के दरम्यान दोनों पैर जमीन पर टिके हैं, अंतराल b में—पैर A ऊपर उठा हुआ है, B जमीन पर टिका है, अंतराल c में—दोनों पर पुन जमीन पर हैं। जितनी ही तेजी से आदमी चलेगा, अंतराल a, c उतने ही छोटे होंगे (तुलना करे चित्र 20 में दौड़ के आरेख से)।



चित्र 19 आदमी का दौड़ना—कमिब मुदायें (ऐसे भी क्षण हैं, जहाँ दोनों पैर उठे हुए होते हैं)।

एक और कदम पूरा हो जाता है। इस प्रकार, चलने की क्रिया धीरे धीरे गिरने का सिलसिला है, जो हर बार पीछे पड़े पर द्वारा ऐन शीके पर रोक लिया जाता है।

बात को और नजदीक से देखें। मान लें कि पहला कदम पूरा होने जा रहा है। इस क्षण दाया पैर अभी भी जमीन छू रहा है और बायाँ जमीन पर था रहा है। यदि कदम बहुत छोटा नहीं है तो दायाँ एड़ी पीछे या कुछ उठी होनी चाहिए। सतुलन तोड़ने के लिये यदि शरीर धीरे धीरे झुकना है, या यही करना होगा। बायाँ पैर एड़ी के सहारे जमीन पर चरता है। इसका बाद जब साग सलवा जमीन छूने लगता है दायाँ पैर बिन्दुन हवा में उठ जाता है। इसके साथ ही बायाँ पैर, जो अब तक फुटनों पर



चित्र 20 दौड़ में पैरों की गति का आरेख (सुलना करे चित्र 18 से)। स्पष्ट दिख रहा है कि दौड़ते आदमी के लिये ऐसे क्षण b d l होते हैं, जब शरीर पर हवा में उठे रहते हैं। चलने की क्रिया से दौड़ इसी बात में भिन्न होती है।

मुड़ा हुआ या, कमर की त्रिभुजा पंक्तियों के सिक्वडने से क्षण भर को सीधा हो जाता है। थोड़ा मुड़ा हुआ दाया पैर तभी बिना जमीन छूए भागे बढ़ सकता है और शरीर की गति के अनुसार भगले कदम के लिये पुन एड़ी के सहारे जमीन पर उतर आता है।

इसके बाद गतियों का यही सिलसिला बायें पैर के साथ शुरू होता है, जो इस समय जमीन पर सिर्फ उगलियों के सहारे टिका होता है और उठने की तैयारी करने लगता है।

चलने से दौड़ने में अंतर यह है कि जमीन पर खड़ा पैर पेशियों के भ्रमानक सिक्वडने से सीधा समझता है और शरीर को इस तरह भागे फेंक देता है कि वह क्षण भर को जमीन से बिल्कुल अलग हो जाता है। इसके बाद वह पुन जमीन पर दूसरे पैर के सहारे गिरता है, जो शरीर के हवा में उछलते वक्त शीघ्रता से भागे बढ़ चुका होता है। इस प्रकार, दौड़ने की क्रिया एक पर से दूसरे पर छलांगों का सिलसिला है।

जहां तक क्षतिज पथ पर चलने से खर्च हुई मानव-ऊर्जा का प्रश्न है, वह शून्य के बराबर नहीं है, क्योंकि हर कदम के दौरान आदमी का गुरुत्व केन्द्र कुछ सेटीमीटर ऊपर उठता है। हिसाब लगाया जा सकता है कि क्षतिज पथ पर चलने से सपन्न काय चलने वाले के शरीर को पथ की लंबाई के पंद्रहवें भाग ऊँचा उठाने से सपन्न कार्य के बराबर होता है।¹

¹ यह कलन प्रो ग्यांछकिन की पुस्तक "सजीव चतित्तों का काय" (1914) में लिया गया है।

चलती गाड़ी से बचे कूदें ?

किसी रा यह पूछेंगे, तो आपको बेशक निम्न उत्तर मिलेगा "जड़त्व नियम के अनुसार भाग की घोर, गाड़ी चलने की निश्चय"। अब भाग उससे सविवरण समझाने का अनुरोध कर कि जड़त्व नियम से इसका क्या संबंध है। परिणाम का अंदाजा लगाया जा सकता है आपका साथी पूरे विश्वास के साथ अपने विचारों को सिद्ध करने में लग जायेगा, परन्तु उसे टोका नहीं जाये, तो जल्द ही चक्कर में पड़ जायेगा पता चलेगा कि जड़त्व नियम के अनुसार ठीक उल्टा-गति के विपरीत-कूदना चाहिये।

जड़त्व नियम की यहाँ सचमुच में गौण भूमिका है, - मुख्य कारण कुछ और है। यदि इस मुख्य कारण को छोड़ दें, तो निष्कर्ष सचमुच में यहाँ निश्चित है कि आगे नहीं, पीछे की ओर कूदना चाहिये।

मान ले कि आपको चलती गाड़ी से कूदना पड़ रहा है। क्या होगा इस स्थिति में ?

जिस समय हम चलती गाड़ी के डब्बे से कूदते हैं, हमारा शरीर डब्बे के वेग से गतिमान रहता है (जड़त्व के कारण) और उसका प्रवृत्ति भाग चलते जाने की होती है। आगे की ओर कूद कर हम इस वेग को नष्ट करने की बजाय और बढ़ा देते हैं।

इससे निष्कर्ष निकलता है कि आगे नहीं, पीछे की ओर कूदना चाहिये। क्योंकि पीछे कूदने से प्राप्त वेग उस वेग को घटा देता है, जिससे हमारा शरीर जड़त्व के कारण आगे चल रहा है। इसके फलस्वरूप हमारा शरीर जमीन पर कम शक्ति से गिरने की प्रवृत्ति रखेगा।

पर इसके बावजूद भी, यदि कूदना पड़ता है तो सब आगे ही कूदते हैं। यह सचमुच ही उत्तम विधि है और इतनी खरी है कि पाठक को हम चलती गाड़ी से पीछे की ओर कूदने की असुविधाओं को जानने की कागिण न करने की विशेष चेतावनी देते हैं।

फिर बात क्या है ?

ध्याय्या की दृष्टि है उमका अघुरापन है। आगे कूदें या पीछे, गिरने का खतरा हमेशा है, क्योंकि घड़ जड़त्ववश चलता रहेगा और पैर जमीन को छूने ही रुक जायेंगे। घड़ की गति इस स्थिति में वही अधिक होगी, बनिस्वय पीछे कूदने में। पर महा महत्वपूर्ण बात यह है कि पीछे की अघेणा

भागों की ओर गिरना कम खतरनाक है। भागें गिरते यन्त हम आदतवश पर बढ़ा कर गिरना रोक लेते हैं (गाड़ी का वेग अधिक होने पर कुछ कदम दौड़ भी लेते हैं)। हम इस तरह की गतियों के आदी हैं, क्योंकि हर रोज चलते वकत यही करते हैं यात्रिकी के दृष्टिकोण से चलना और कुछ नहीं, बल्कि भागों की ओर गिरने और पर बढ़ा कर इसे रोकने का सिलसिला है। पीछे की ओर गिरने से बचने के लिये पैर कुछ भी नहीं करते (आदी नहीं हैं) और इसीलिये इसमें खतरा अधिक है। अतः, यदि हम भागें गिरते भी हैं, तो हाथ बढ़ा कर रोकने की कोशिश करते हैं और हमें बड़ी चोट नहीं आती। यह बात भी कम महत्वपूर्ण नहीं है।

इस प्रकार, भागें बूढ़ने में कम खतरा है। इसका कारण जड़त्व नियम में नहीं, खुद हमारे भीतर है। जाहिर है कि ये बातें निर्जीव वस्तुओं पर लागू नहीं होती। चलती गाड़ी से भागों की ओर फेंकी गयी घोटल के फूटने की आशंका बड़ी अधिक है, पीछे फेंकने पर उसे कम चोट आयेगी। इसीलिये, यदि कभी आपको चलती ट्रेन से सामान के साथ बूढ़ने की जरूरत पड़े तो पहले सामान पीछे की ओर फेंकना चाहिये और नव भागों की ओर बूढ़ना चाहिये।

ड्राम के कडकटर या टिकट चेकर जैसे अनुभवही लोग अक्सर गाड़ी की गति की ओर मुह कर के पीछे छलांग लगाते हैं। इससे दो फायदे होते हैं जड़त्व से प्राप्त हमारा वेग भी कम हो जाता है और पीठ के सहारे गिरने का खतरा भी नहीं रहता, क्योंकि बूढ़ने वाले का मुँह उधर ही है, जिधर गिरने की संभावना है।

खाली हाथ बंदूक की गोली पकड़ना

साम्राज्यवादी युद्ध के समय एक फ्रांसीसी पायलट के साथ असाधारण घटना घटी। दो किलोमीटर की ऊँचाई पर उसे सिर के पास कोई छोटी सी चीज उड़ती नजर आयी। फतिगा समझ कर उसने उसे हाथ से पकड़

¹यहाँ गिरने का कारण एक और दृष्टिकोण से समझाया जा सकता है (दे "मनोरंजक यात्रिकी", अध्याय 3 उपशीर्षक "क्षितिज रेखा कब अक्षितिज होती है?")।

लिया। जब उसने मुट्टी घोल कर देखा, उसने आश्चर्य का ठिकाना न रहा। उसने हाथ में थी जर्मन गोली!

अखबारों में छपी खबर किस्से वाले गप्पवाज नवाब म्युनहाउजेन की याद दिलाती है, जो तोप से दागे गये गोलों को हाथ से पकड़ लिया करते थे। पर इस खबर में कोई असंभव बात नहीं है।

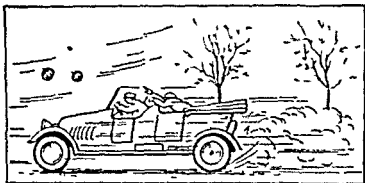
बदूक की गोली अपनी उड़ान के पूरे समय 800-900 m प्रति सेकेंड की गति से नहीं चलती। हवा के प्रतिरोध से उमका वेग धीरे धीरे कम होता है और अंत में उसकी गति सिर्फ 40 मीटर प्रति सेकेंड रह जाती है। हवाई जहाज भी इसी गति से उड़ते हैं। अंत यह पूरी तरह संभव है कि हवाई जहाज और गोली समान गति से चल रहे हों। इस स्थिति में पायलट के सापेक्ष गोली अचल रहेगी या बहुत ही धीरे चलगी। यदि हाथ दस्तानों में हों तो ऐसी गोली को पकड़ लेने से कुछ नहीं होगा (हवा के घर्षण से गोली काफी गम हो जाती है)।

तरबूज या बम?

यदि स्थिति विशेष में बदूक की गोली खतरनाक नहीं रह जाती, तो इसका उल्टा भी संभव है किस्सी निश्चल पिंड को यदि नगण्य वेग से फेंका जाये, तो भी वह घातक सिद्ध हो सकता है। सन 1924 की लेनिनग्रद तिफलिस मोटर रेस के समय रास्ते में पड़ने वाले वाक्केशस गांवों के किसान स्वागत के लिये उन पर तरबूज सेव आदि फेंका करते थे। इन निर्दोष हार्दिक प्रेमोपहारों का परिणाम काफी दुखद रहा तरबूज और खरबूज गाड़ियों के कापस पिचका देते थे या तोड़ दते थे और सेव यात्रियों को गंभीर चोट पहुंचाते थे। इसका कारण स्पष्ट है मोटरो का अपना वेग फेंके गये तरबूजों और सेवा के वेग से जुड़ कर उन्हें घातक तोप के गोलों में परिणत कर देता था। आसानी से कलन कर के देख सकते हैं कि 10 g की गोली में उतनी ही गति की ऊर्जा है जितनी 120 km/h के वेग से दौड़ती गाड़ी पर फेंके गये 4 kg के तरबूज में।

तरबूज और गोली की अनिष्टकारी शक्तियों की तुलना नहीं की जा सकती, क्योंकि तरबूज गोली जसा कठोर नहीं होता।

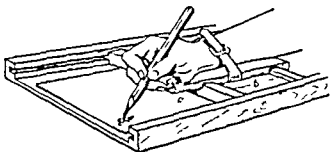
वातावरण की ऊपरी परतों (तथाकथित समतापीय मंडल) में जब



चित्र 21 सामन से आनी माटर-नार पर फँदा गया तरबूज तोप के गोले का काम करता है।

क्षिप्र विमानन शुरू होगा और विमानों का वेग लगभग 3000 km/h (बंदूक की गोली के वेग के बराबर) हो जायेगा, तब पायलटों का वास्ता ऐसी घटनाओं से पड़ेगा, जो हम अभी ऊपर देख चुके हैं। ऐसे अतिक्षिप्र विमानों के रास्ते में आन धाली हर छोटी मोटी चीज उसके लिये घातक गोली का काम करेगी। किसी दूसरे विमान द्वारा यूँ ही गिरायी गयी गोलियों से टकराने का परिणाम वसा ही होगा, जैसा यदि विमान पर शीटोमेटिक गन से गोलियाँ की जाये। गिरती गोलियाँ विमान में उसी शक्ति से छेद करेगी, जिससे दागी गयी गोली भरती है। चूँकि दोनों ही स्थितियों में सापेक्षिक वेग समान हैं (विमान और गोली लगभग 800 m/s के वेग से एक दूसरे के निकट आ रहे हैं), टकराने के अनिष्टकारी परिणाम दोनों ही हालातों में समान होंगे।

इसके विपरीत, यदि दागी गयी गोली विमान के पीछे से आ रही है तो, जसा अब हम जानते हैं, वह पायलट के लिये घतरनाक नहीं है। इस तथ्य को, कि लगभग समान वेग से एक ही दिशा में गतिमान पिंड एक-दूसरे को बिना टकराव के स्पष्ट करते हैं, सन् 1935 में एक इजन चालक बोशॉव न बहुत निपुणता में काम में लाया उमने अपनी ट्रेन को 36 डब्लो वाली ट्रेन के साथ टकराने से बचा लिया। घटना दक्षिण के वेननिकोव आलशान्वा पथ की है। बोशॉव की ट्रेन से कुछ आगे एक और ट्रेन चल रही थी। आगे वाली ट्रेन पर्याप्त वाष्प न मिलने के कारण रुक



चित्र 22 चलती गाड़ी में लिखने के लिये सुविधाजनक प्रयुक्ति।

गयी। उसका चालक इंजन और कुछ डब्बों के साथ आगे स्टेशन की ओर बढ़ गया। बाकी 36 डब्बों उसे वहीं छोड़ देने पड़े। चूंकि इन डब्बों को रोकने की व्यवस्था नहीं की गयी थी, वे पीछे की ओर बलान पर करीब 15 km/h के वेग से लुढ़क पड़े। मोर्चों की ट्रेन के लिये गतरा पैदा हो गया। बुद्धिमान चालक स्थिति भांपने ही अपनी ट्रेन रोक कर करीब 15 km/h की गति से बढ़ करने लगा। इस युक्ति से वह 36 डब्बों की टुकड़ी अपनी ट्रेन से बिना किसी नुकसान के रोक सका।

चलती ट्रेन में लिखना आसान करने वाला साधन इसी सिद्धांत पर बना है। चलती ट्रेन में लिखना सिर्फ इसलिये कठिन होता है कि पटरियों के जोड़ों पर उत्पन्न हिचकोले वागज और नीब को एक ही साथ नहीं लगते। यदि ऐसा कुछ किया जाये कि वागज और नीब को एक ही साथ धक्के लगें, तो दोनों एक दूसरे के सापेक्ष गतिहीन रहेंगे और चलती ट्रेन में लिखना कठिन नहीं रह जायेगा।

यह चित्र 22 में दिखाये गये साधन द्वारा संभव है। कलम वाला हाथ तख्ते a के साथ बांध दिया जाता है, जो पटरियों b के गड्ढे में आगे पीछे हो सकता है। पटरिया भी डब्बों के टेबुल पर रखे तख्ते में आगे पीछे हो सकती हैं। स्पष्ट है कि हाथ पर्याप्त स्वतंत्र है, ताकि वह अक्षरों के बाद अक्षर और पंक्तियों के बाद पंक्तिया लिख सके। और साथ ही तख्ते पर पड़े कागज को लगने वाला हर धक्का उसी क्षण उसी शक्ति से हाथ को भी लगता है, जिसमें कलम है। अतएव इन परिस्थितियों में लिखना उतना ही सरल होता है जितना छोटे डब्बों में लिखना। सिर्फ

एक चीज बाधा डालती है—कागज पर नजर उछलती रहती है, क्योंकि हाथ और सर को हिचकोले एक ही साथ नहीं लगते।

तराजू के घबूतरे पर

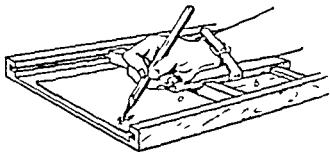
दक्षमलक प्रणाली के तराजू सिर्फ उस स्थिति में आपके शरीर का सही भार बताते हैं, जब आप उनके घबूतरे पर विलुल बिना हिले डुले खड़े रहते हैं। आप थोड़ा भी झुकेगे कि तराजू आपके झुकने के क्षण आपका वजन कम कर दियायेगा। क्यों? क्योंकि घड़ के ऊपरी भाग को झुकाने वाली पेशियां उस क्षण शरीर के निचले भाग को ऊपर तानती है, जिससे टेक पर (जिस पर आप खड़े हैं) दबाव कम हो जाता है। इससे विपरीत, जब आप पेशियों की कोशिश से घड़ झुकाना रोक देते हैं, तो उनसे शरीर के ऊपरी और निचले भागों को अलग अलग भिन्न दिशाओं में धक्के मिलते हैं। शरीर के निचले भाग द्वारा नीचे की ओर धक्के छाने से शरीर के आलव पर दबाव बढ़ जाता है और फलतः तराजू आपका वजन भी उतना ही बढ़ा हुआ दिखा देता है।

सवेदनशील तुला के परिणामों में हाथ उठाने से भी अंतर आ जाना चाहिये। यह अंतर आपने वजन में प्रतीयमान वृद्धि के बराबर होगा। हाथ को उठाने वाली पेशियां कंधे पर टेक लगाती हैं, अतः उसे घट सहित नीचे की ओर धक्का देती हैं घबूतरे पर दबाव बढ़ जाता है। हाथ को रोकते वकन हम दूसरी पेशियों को कार्यशील करते हैं, जो कंधे को ऊपर की ओर धींचती हैं, ताकि वह हाथ के सिरे से बरीब आ जाये। इससे टेक पर दाव घट जाता है।

हाथ नीचे गिराते वकत हम इसके विपरीत शरीर के वजन में कमी ला देते हैं, और जब हाथ का गिरना रोकते हैं—वजन बढ़ा देते हैं। तात्पर्य यह है कि अपनी आंतरिक शक्तियों की क्रियाशीलता से हम अपना वजन घटा बढ़ा सकते हैं (यदि वजन को टेक या आलव पर दबाव के अर्थ में लिया जाये)।

धीजें कहां अधिक भारी होंगी?

पिंडों को पृथ्वी जिस बल में आकर्षित करती है, वह धरातल से ऊपर उठने पर श्रमश घटता है। यदि हम एक किलोग्राम के मुद्दर को 6400 km



चित्र 22 चलती गाड़ी में लिखने के लिये गुणिघाजनक प्रमुक्ति ।

गयी। उसका चालक इजन और कुछ डब्बा व साथ भागे में बढ़ गया। बाकी 36 डब्बे उमे वही छोड़ देने पड़े। चॉकि रोकने की व्यवस्था नहीं की गयी थी, वे पीछे की ओर व 15 km/h के वेग से सुड़क पड़े। बॉर्गेव की ट्रेन व गिये गया। बुद्धिमान चालक स्थिति भांपते ही अपनी ट्रेन 15 km/h की गति से बैक करने लगा। इस युक्ति की टुकड़ी अपनी ट्रेन से बिना किसी नुकसान के रार में

चलती ट्रेन में लिखना भासान करने वाला साधन बना है। चलती ट्रेन में लिखना सिर्फ इसलिये कठिन के जोड़ो पर उत्पन्न हिचकोले कागज और नीव व लगते। यदि ऐसा कुछ किया जाये कि कागज और धक्के लगें, तो दोनों एक दूसरे के सापेक्ष गतिहीन में लिखना कठिन नहीं रह जायेगा।

यह चित्र 22 में दिखाये गये साधन द्वारा हाथ तख्ते a के साथ बाध दिया जाता है, भागे पीछे हो सकता है। पटरिया भी व भागे पीछे हो सकती हैं। स्पष्ट है कि हाथ अक्षरो के बाद अक्षर और पक्तियों के बाद ही तख्ते पर पड़े कागज को लगने वाला से हाथ को भी लगता है जिससे लिखना उतना ही सरल होता है ।

पृथ्वी-ऊपर मुग्दर के एक ही तरफ नहीं है, उसने चारों ओर हैं। चित्र 23 पर नजर डालिये। आप देखेंगे कि पृथ्वी में गहराई पर रखा हुआ मुग्दर नीचे के कणों द्वारा तो आकर्षित हो ही रहा है, साथ-साथ ऊपर की ओर ऊपरी कणों द्वारा भी आकर्षित हो रहा है। सिद्ध किया जा सकता है कि अततोपरता सिर्फ उस गोले के आकर्षण का महत्व रह जाता है, जिसकी विज्या पृथ्वी के केंद्र से मुग्दर तक है। इसीलिये पिछ का भार पृथ्वी की गहराई में जाने के साथ-साथ तेजी से घटना चाहिये। पृथ्वी-केंद्र पर पहुँच कर उसका भार बिल्कुल शून्य हो जायेगा, क्योंकि उसने गिद के कण उसे सभी दिशाओं में समान बल से खींचेंगे।

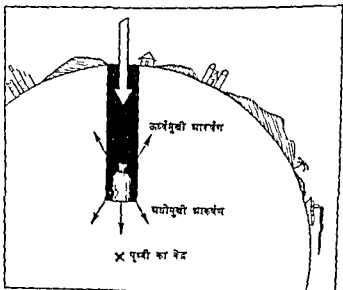
अतः पिछ का अधिकतम भार पृथ्वी-तल पर ही होता है तल से ऊपर या नीचे (गहराई में) जाने पर उसका भार कम हो जाता है¹।

गिरते पिछ का घनन

आपने कभी ध्यान दिया है कि जिस क्षण लिफ्ट नीचे उतरना शुरू करती है, कितना अजीब सा महसूस होता है? शरीर क्षण भर को असाधारण रूप से हल्का हो जाता है, मानो आप गहरी खाई में गिर रहे हैं यह और कुछ नहीं, बल्कि भारहीनता का अनुभूति है। गति के प्रथम क्षण, जब पैरा तले फश नीचे गिरना शुरू हो जाता है, आप फश का वेग तुरत प्राप्त नहीं करते, जड़त्व के कारण वही उसी ऊँचाई पर रुके रह जाते हैं। इसीलिये आपका शरीर फश को लगभग नहीं दबाता, अर्थात् शरीर का भार काफी कम हो जाता है। पर पल भर बाद ही यह विचित्र अनुभव समाप्त हो जाता है आपका शरीर त्वरित वेग से गिरने लगता है जबकि लिफ्ट का वेग स्थिर, समरूप होता है। लिफ्ट से अधिक तेज गिरने की कोशिश में आपका शरीर पुनः फश पर दबाव डालने लगता है, अर्थात् आपका भार पूणतया वापिस लौट आता है।

किसी मुग्दर को कमानीदार तुला के अकुश से लटका दें। अब तुला

¹ यह पूणतया सत्य होता यदि पृथ्वी का घनत्व सर्वत्र एक रूप से समान होता पर केंद्र की ओर जाने पर पृथ्वी का घनत्व बढ़ता है। इसीलिये गुरुत्व-बल पृथ्वी की गहराई में जाने पर शुरू-शुरू थोडा बढ़ता है और बाद में घटने लगता है।



चित्र 23 पृथ्वी की गहराई में गुरुत्व शक्ति कम क्यों हो जाती है।

की ऊंचाई पर ले जायें, तो आकर्षण-बल 2^2 , अर्थात् 4 गुना कम हो जाएगा। मुग्दर स्प्रिंग तुला पर 1000 g की बजाय सिर्फ 250 g भारी नजर आयेगा। गुरुत्वाकर्षण नियम के अनुसार वाह्य पिंडो को पृथ्वी इस प्रकार आकर्षित करती है, मानो उसका सारा द्रव्यमान उसके केन्द्र में जमा हो और आकर्षण का बल दूरी के वर्ग का व्युत्क्रमानुपाती होता है। हमारे उदाहरण में पृथ्वी के केन्द्र से मुग्दर की दूरी दुगुनी बढ गयी है, इसीलिये आकर्षण 2 गुना अर्थात् चौगुना कम हो गया है। धरातल से 12800 km ऊपर, अर्थात् पृथ्वी के केन्द्र से तिगुनी दूरी पर गुरुत्वाकर्षण बल 3^2 या 9 गुना कम हो जाता है। अतः ऐसे बिंदु पर 1000 ग्राम भारी मुग्दर का भार मात्र 111 g रहेगा।

स्वभावतः ऐसा विचार भी उठ सकता है कि मुग्दर को गहराई में, अर्थात् पृथ्वी के केन्द्र के निकट ले जाने पर उसका वजन बढना चाहिये वहाँ पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण अधिक होगा। पर यह खयाल गलत है पृथ्वी की गहराई में भी पिंड का वजन नहीं बढता, वह घटता ही है।

इसका कारण यह है कि इस स्थिति में मुग्दर को आकर्षित करने वाले

पृथ्वी-कण मुग्दर के एक ही तरफ नहीं है, उसके चारो ओर हैं। चित्र 23 पर नजर डालिये। आप देखेंगे कि पृथ्वी म गहराई पर रखा हुआ मुग्दर नीचे के कणो द्वारा तो आकर्षित हो ही रहा है, साथ-साथ ऊपर की ओर ऊपरी कणो द्वारा भी आकर्षित हो रहा ह। सिद्ध किया जा सकता है कि अततोगत्वा सिफ उस गोले के आकर्षण का महत्व रह जाता है, जिसकी त्रिज्या पृथ्वी के केद्र से मुग्दर तक है। इसीलिये पिड का भार पृथ्वी की गहराई मे जाने के साथ-साथ तेजी से घटना चाहिये। पृथ्वी-केन्द्र पर पहुँच कर उसका भार बिल्कुल खत्म हो जायेगा, क्योंकि उसके गिद के कण उसे सभी दिशाओ मे समान बल से खींचेंगे।

अतः पिड का अधिकतम भार पृथ्वी-तल पर ही होता है तल से ऊपर या नीचे (गहराई मे) जाने पर उसका भार कम हो जाता है ¹।

गिरते पिड का घजन

आपने कभी ध्यान दिया है कि जिस क्षण लिपट नीचे उतरना शुरू करती है, कितना अजीब सा महसूस होता है? शरीर क्षण भर को असाधारण रूप से हल्का हो जाता है, मानो आप गहरी खाई मे गिर रहे हैं यह और कुछ नहीं, बल्कि भारहीनता की अनुभूति है। गति के प्रथम क्षण, जब परो तले फश नीचे गिरना शुरू हो जाता है, आप फश का वेग तुरत प्राप्त नहीं करते, जडत्व के कारण वही उसी ऊँचाई पर रके रह जाते हैं। इसीलिये आपका शरीर फश का लगभग नहीं दबाता, अर्थात् शरीर का भार काफी कम हो जाता है। पर पल भर बाद ही यह विचित्र अनुभव समाप्त हो जाता है आपका शरीर त्वरित वेग से गिरने लगता है, जबकि लिपट का वेग स्थिर, समरूप होता है। लिपट से अधिक तेज गिरने की कोशिश मे आपका शरीर पुन फश पर दबाव डालने लगता है अर्थात् आपका भार पूणतया वापिस लोट आता है।

किसी मुग्दर को कमानेदार तुला के अकुश से लटका दें। अब तुला

¹ यह पूणतया सत्य होता, यदि पृथ्वी का घनत्व सर्वत्र एक रूप से समान होता, पर केद्र की ओर जाने पर पृथ्वी का घनत्व बढ़ता है। इसीलिये गुरुत्व-बल पृथ्वी की गहराई मे जाने पर शुरू-शुरू धोडा बढ़ता है और बाद म घटने लगता है।



चित्र 24 गिरती वस्तु की भारहीनता दिखाने के लिये प्रयोग।

रूप से गिरती तुला की सूई को आप देख सकते तो आप देखते कि गिरते वक्त गुम्दर बिल्कुल भारहीन है सूई शून्य पर रुकी है।

भारी से भारी पिंड भी स्वतंत्र रूप से गिरते वक्त भारहीन रहता है इसका कारण समझना आसान है। पिंड का 'भार' हम उस बल को कहते हैं, जिससे वस्तु अपने लटकान बिंदु को खींचता है या आधार को दबाता है। तुला के साथ गिरता हुआ पिंड तुला की कमानी बिल्कुल नहीं तानता क्योंकि कमानी उसके साथ साथ नीचे आ रही होती है। गिरने के प्रक्रिया में पिंड किसी चीज को खींचता नहीं है, और न ही किसी चीज पर दबाव डालता है। अतः गिरते हुए पिंड का भार कितना होगा - यह पूछने का अर्थ है पूछना पिंड कितना भारी है, जबकि वह भारहीन अवस्था में है?

XVII-वीं शती में ही यातिवी के प्रतिष्ठापक गलीली ने लिखा था¹ हम बघो पर बोझ तब महसूस करते हैं, जब हम उसने गिरने में बाधा डालने की कोशिश करते हैं। पर यदि हम बोझ के वेग से ही नीचे की ओर गतिमान हो जायें, तब फिर कैसे वह हमें दबावेगा, तब कैसे वह हमें धकावेगा? यह वही हुआ, जैसे हम किसी को भाला भोकना चाहते हैं और वह हमारे आगे उसी वेग से भागा जा रहा है, जिससे हम भाते के साथ उसकी ओर दौड़ रहे हैं।'

निम्न प्रयोग दृष्ट रूप से उपरोक्त विचारों की सत्यता सिद्ध करता है, आप इसे सरलतापूर्वक कर सकते हैं।

¹ "नवीन विज्ञान के दो क्षेत्रों से सबद्ध गणितीय प्रमाण" नामक कृति में।

मरल मुत्ता के एक पल्ले पर बादाम पोडने वाली सेंडमी हम प्रकार से रखें कि उमकी एक भुजा पल्ले पर हा और दूसरी भुजा डडी के छोर से डोरी के सहारे सटकी हो (चित्र 24)। दूसरे पल्ले पर इतना बाट रखें कि मुत्ता सतुलित हा जाय (डडी धीनत्र रहे)। माघिस की तीनी जता कर डारी के पास साथे, डोरी जस जायेगी और सेंडसी का सटकी भुजा पल्ले पर गिरेगी।

मुत्ता के साथ क्या होगा? भुजा गिरने के क्षण संडसी याता पलडा ऊपर उठेगा, नीचे झुकेगा या ग्यिर रहेगा?

शब, जब घाप जान चुके हैं कि गिरता हुआ पिड भारहोन होता है, सही उत्तर घाप स्वय बता दे सकते हैं पलडा पल भर को ऊपर उठेगा।

सब भी है यद्यपि उगरी भुजा निचली स जुडी है, स्थिरावस्था की श्पेक्षा गिरते समय वह निचली भुजा की कम शक्ति से दवती है। सेंडमी का कुल भार पल भर का घटता है और स्वाभाविक है कि पलडा ऊपर उठ जाता है।

तोप से घांव पर

सन् 1865-1870 के दरम्यान फ्रांस में जूल वेर्न का "तोप से छूटे, चाद पर पहुँचे" नामक विज्ञान-गल्प प्रकाशित हुआ था। इसमें एक असाधारण विचार है एक विशाल तोप के गोले में आदमिया समेत यान भर कर चाद पर भेजना! पुस्तक में इस योजना का इतना विज्ञान-सम्मत वणन है कि अधिकांश पाठको के मन में उत्सुकता उठती है क्या सचमुच में इस विचार को मूर्त रूप नहीं दिया जा सकता? ऐसे प्रश्न के बारे में बातें करना निश्चय ही दिलचस्प रहेगा।¹

¹ पृथ्वी से कृत्रिम उपग्रहा और अंतरिक्षी राकेटो के छोडे जा चुकने के बाद हम यह सकते हैं कि अंतरिक्ष यात्राओं के लिये राकेटो का प्रयोग होगा, तोप के गोलों का नहीं। पर उडने के क्षण जब राकेट के सभी इंधन-जल कायशील हो जाते हैं, राकेट की गति उही नियमों का पालन करती है, जिनका कि तोप के गोल। इसीलिये लेखक की ये बातें अघातीत नहीं हैं।—सपादक



पृथ्वी से गोले की ऊँचाई वही रह जाती है, जो बिंदु A पर थी, तो इसका अर्थ है कि वह पृथ्वी की परित्रमा कर रहा है और उसके पथ की वक्रता का केन्द्र पृथ्वी का ही केन्द्र है। अब रह जाता है छद्म AB (चित्र 25) की लंबाई ज्ञात करना। यह उस क्षैतिज पथ की लंबाई है, जो गोला प्रथम सेकेड में तय करता है। इससे हमें ज्ञात होगा कि तोप के गोले को किस वेग से फेंकना चाहिये। त्रिभुज AOB की सहायता से यह बलन करना बिल्कुल कठिन नहीं है। OA—पृथ्वी की त्रिज्या (करीब 6 370 000 m) है, OC=OA BC=5 m, अतः OB=6370005 m। पियागोरस प्रमेय में इन आँकड़ों का प्रयोग करने से प्राप्त होता है

$$AB^2 = (6\,370\,005)^2 - (6\,370\,000)^2$$

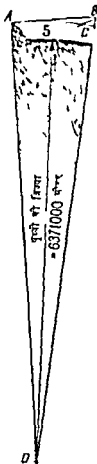
आकिक त्रिभुजों संपन्न करने पर ज्ञात होता है कि पथ AB करीब 8 km के बराबर है।

इस प्रकार, यदि हवा नहीं होती (क्षिप्र गतियों के लिये वह बहुत बड़ी बाधा है), तो 8 km/s वेग से क्षैतिज दिशा में फेंका गया गोला पृथ्वी पर कभी वापस नहीं गिरता, वह उपग्रह की भाँति उसका अनवरत चक्कर लगाता रहता।

पर यदि गोले को और भी अधिक वेग से फेंका जाय, तब कहाँ उड़ेगा वह? नभ-यांत्रिकी में सिद्ध किया जाता है कि 8.9 km/s (10 km/s तक) के आरंभिक वेग से चला हुआ गोला पृथ्वी के गिर्द दीर्घवृत्त निरूपित करता है। दीर्घवृत्त उतना ही दीर्घ (लम्बा हुआ) होगा, जितना बड़ा गोले का आरंभिक वेग होगा। आरंभिक वेग 11.2 km/s होने पर गोले का पथ एक खुला, असवृत्त वक्र (परबलय) होगा, अर्थात् गोला पृथ्वी से सदा के लिये दूर होता जायेगा (चित्र 26)।

इस प्रकार, हम देखते हैं कि तोप के गोले के भीतर बँधकर चाद तक पहुँचना सिद्धांततः संभव है इसके लिये इतना ही आवश्यक है कि गोले को पर्याप्त वेग से फेंका जाये।¹

¹ इसमें उत्पन्न होने वाली कठिनाइयाँ बिल्कुल दूसरी तरह की हैं। 'मनोरंजक भौतिकी' के दूसरे भाग तथा मेरी अन्य पुस्तक "अंतर्रही यात्रायें" में इस प्रश्न का सविस्तार अध्ययन किया गया है।



चित्र 25 तोप का गोला पृथ्वी पर कभी वापस न गिरे, इसके लिये उसके आवश्यक वेग का कलन।

के कारण गोला एक सेकेंड बाद बिंदु C पर होगा। पाँच मीटर—यह वही दूरी है, जो शून्य में घरातल के निकट स्वतंत्र गिरती हुई वस्तु अपनी गति के प्रथम सेकेंड में तय करती है। यदि 5 मीटर नीचे आने के बाद भी

पहाड़ यह देखें कि कम से कम सैद्धांतिक तौर पर तोप इस प्रकार दागी जा सकती है या नहीं कि उगना गोला पृथ्वी पर कभी वापस न गिरे। मित्रोंत इगरी सम्भावना का मानना है। तोप से क्षैतिज छोड़ा गया गोला पृथ्वी पर ही क्या गिरता है? क्योंकि पृथ्वी गोले को आकर्षित करते हुए उगने पथ को वक्रित करती है गोला सरल रेखा पर नहीं, वक्र रेखा पर चलता है, जो निरंतर पृथ्वी की ओर मुड़नी जाती है ओर इसीलिये घनतोगत्या यह जमीन पर आ गिरता है। यह सत्य है कि घरातल भी वक्र है पर गाने का पथ उतत नहीं अधिक वक्रित होता है। यदि गोले का पथ की वक्रता इतनी कम कर दी जाये कि वह पृथ्वीतल की वक्रता का बराबर हो जाये, तो गोला कभी भी पृथ्वी पर नहीं गिरेगा! वह पृथ्वी के केंद्र को अपना केंद्र बना कर एक वक्र पर चलता रहेगा, अथ शब्दा में यह पृथ्वी का एक उपग्रह बन कर रह जायेगा जैसे कोई दूसरा चंद्रमा हो।

पर क्या किया जाय कि तोप से छोटा गोला पृथ्वीतल से कम वक्रित पथ पर चल? इसके लिये उसे सिफ पर्याप्त वेग देना आवश्यक है। चित्र 25 पर ध्यान दें, जिसमें पृथ्वी के गोले के एक अंश का काट दिखाया गया है। पहाड़ की चोटी (बिंदु A) पर एक तोप रखा है। पहाड़ की ऊँचाई नगण्य मान लेते हैं। क्षैतिज दिशा में तोप से प्रक्षिप्त गोला एक सेकेंड बाद बिंदु B पर होता, यदि पृथ्वी का आकर्षण शक्ति बाधक नहीं बनती। पर आकर्षण शक्ति स्थिति में परिवर्तन ला देती है। उसके प्रभाव

पृथ्वी से गोले की ऊँचाई यही रह जाती है, जो बिंदु A पर की, तो इसका अर्थ है कि वह पृथ्वी की परित्रया कर रहा है और उसके पथ की वक्रता का केंद्र पृथ्वी का ही केंद्र है। अर्थ रह जाता है यह AB (चित्र 25) की सवाई शांत करना। यह उस क्षैतिज पथ की सवाई है, जो गोला प्रथम सेवेड में तय करता है। इससे हमें ज्ञान होगा कि तोप के गोले को किस वेग से फेंकना चाहिये। त्रिभुज AOB की सहायता से यह बतान करना बिल्कुल कठिन नहीं है। OA—पृथ्वी की त्रिज्या (करीब 6 370 000 m) है, OC=OA, BC=5 m, अतः OB=6370005 m। पिथागोरस प्रमेय में इन भाँकड़ा का प्रयोग करने से प्राप्त होता है

$$AB^2 = (6\ 370\ 005)^2 - (6\ 370\ 000)^2$$

भाँकड़ा क्रियायें संपन्न करने पर ज्ञात होता है कि पथ AB करीब 8 km के बराबर है।

इस प्रकार, यदि हवा नहीं होती (क्षिप्र गतियों के लिये वह बहुत बड़ी बाधा है), तो 8 km/s वेग से क्षैतिज दिशा में फेंका गया गोला पृथ्वी पर कभी वापस नहीं गिरता, वह उपग्रह की भाँति उसका अनवरत चक्कर लगाता रहता।

पर यदि गोले को और भी अधिक वेग से फेंका जाये, तब कहाँ उड़ेगा वह? नम-याँतिकी में सिद्ध किया जाता है कि 8.9 km/s (10 km/s तक) के आरंभिक वेग से चला हुआ गोला पृथ्वी के गिर्द दीर्घवृत्त निरूपित करता है। दीर्घवृत्त उतना ही दीर्घ (लम्बा हुआ) होगा, जितना बड़ा गोले का आरंभिक वेग होगा। आरंभिक वेग 11.2 km/s होने पर गोले का पथ एक ध्रुवा, असंवृत वक्र (परवलय) होगा, अर्थात् गोला पृथ्वी से सदा के लिये दूर होता जायेगा (चित्र 26)।

इस प्रकार, हम देखते हैं कि तोप के गोले के भीतर बँधकर चाद तक पहुँचना सिद्धांततः संभव है इसके लिये इतना ही आवश्यक है कि गोले को पर्याप्त वेग से फेंका जाये।¹

¹ इसमें उत्पन्न होने वाली कठिनाइयाँ बिल्कुल दूसरी तरह की हैं। “मनोरञ्जक भौतिकी” के दूसरे भाग तथा मेरी अन्य पुस्तक “अतप्रही यात्रायें” में इस प्रश्न का सविस्तार अध्ययन किया गया है।



चित्र 26 8 km/s और इससे अधिक वेग से प्रभिन्न गोले के पथ।

(उपरोक्त विचारक्रम इस मायना पर आधारित है कि गोले की गति में वातावरण बाधक नहीं बनता। पर वायु प्रतिरोध की उपस्थिति के कारण इतने बड़े वेगों को प्राप्त करना दरअसल काफी मुश्किल है, या हो सकता है कि बिल्कुल ही असंभव है।)

चंद्र यात्रा जूल वेन की कल्पना और सच्चाई

जिन लोगों ने उपरोक्त उपमास को पढ़ा है, उन्हें चंद्र-यात्रा का एक मनोरंजक क्षण याद होगा। गोला जैसे स्थान को पार कर रहा होता है, जहाँ पृथ्वी और चांद-दोनों का आकर्षण-बल समान है। यहाँ की घटनाएँ सचमुच में परिक्रमा की याद दिलाती हैं। गोले की सभी वस्तुएँ भारहीन हो जाती हैं और यात्री उछल-उछल कर बिना किसी आधार के हवा में लटक जाते हैं।

वर्णन बिल्कुल सही किया गया है पर उपमासकार ने इस पर ध्यान नहीं दिया कि समान आकर्षण वाले बिंदु को पार करने के पहले और बाद भी यही अवस्था होनी चाहिये थी। यह सरलतापूर्वक सिद्ध किया जा सकता है कि गोले के भीतर मानवियों और सभी अन्य वस्तुओं को मुक्त उड़ान के प्रथम क्षण से ही भारहीन हो जाना था।

यह असंभव लगता है, पर मुझे विश्वास है कि आप जल्द ही आश्चर्य करेंगे 'इतनी बड़ी गनती पर मैंने खुद क्यों नहीं ध्यान दिया!'

जूल वेग के इसी उपन्यास से एव उदाहरण लें। आप निश्चय ही यात्रिया के भाग्य को नहीं भूले होंगे, जब उन्होंने मरे कुत्ते की लाश को बाहर फेंक दिया और देखा कि लाश यापस जमीन पर नहीं गिर रही है, गोले के साथ साथ भागे चली भा रही है। उपयासकार ने इस परिघटना का सही वणन किया है और उसकी सही व्याख्या की है। धूम में सभी वस्तुएं समान वेग से गिरती हैं पृथ्वी का आकर्षण सभी वस्तुओं को समान त्वरण प्रदान करता है। हमारे उदाहरण में भी पृथ्वी का आकर्षण गोले और लाश दोनों को समान अभिप्राय वेग (समान त्वरण) देता है। यदि और सही कहें तो, तोप से प्राप्त आरम्भिक वेग दोनों ही के लिये समान रूप से कम होता है, समान रूप से घटता है। इससे निष्कर्ष निकलता है कि पथ के हर बिंदु पर गोले का वेग और लाश का वेग आपस में बराबर हैं। इसीलिये गोले से फेंकी गयी लाश उनके साथ चलती रहती है, उनसे पीछे नहीं छूटती।

लेकिन उपयासकार ने इस पर ध्यान नहीं दिया यदि कुत्ते की लाश गोले के बाहर होने पर पृथ्वी की ओर नहीं गिरती, तो गोले के भीतर क्या गिरती है? आदि एक ही तो बल बाहर और भीतर काम कर रहा है। गोले के भीतर कुत्ते के शरीर को बिना किसी आलव के रखने पर उसे जैसे का तैसे व्योम में लटक जाना चाहिये उसका वेग बिल्कुल गोले के वेग के बराबर है, अतः गोले के सापेक्ष वह अचल रहता है।

जो बात कुत्ते के लाश के लिये सही है, वही यात्रियों के शरीरों और गोले के भीतर अन्य सभी वस्तुओं के लिये सही है पथ के हर बिंदु पर उन सबका वेग वही है, जो गोले का है, अतः उन्हें गिरना नहीं चाहिये, चाहे वे निरालव ही क्यों न हों। उठते गोले के फश पर खड़ी कुर्सी के पैरों को ऊपर कर के छत पर टिका दिया जा सकता है, वह "नीचे" नहीं गिरेगी, क्योंकि वह छत के साथ-साथ भागे चलना जारी रखेगी। यात्री इस कुर्सी पर पैर ऊपर और सिर नीचे कर के बैठा रह सकता है, पर फश पर गिरने की कोई प्रवृत्ति उसे महसूस नहीं होगी। कौन सा बल उसे गिरने को बाध्य कर सकता है? यदि वह गिरती ही, अर्थात् फश के निकट आने लगती तो इसका अर्थ होता कि गोला कहीं अधिक वेग से चल रहा है, बनिस्वत कि यात्री (अथवा कुर्सी फश के निकट नहीं

धाती)। पर यह संभव नहीं है हम जानते हैं कि गोल क नीचे सभी वस्तुएँ वहीं खरण रखती हैं, जो स्वयं गोल का है।

उप-यासकार । इस बात पर ध्यान नहीं किया जगन साता कि मरु रूप से गतिमान गोल का भीतर वस्तुएँ, जो मिन घासण बन का प्रभव म है, घन घातका पर उगी तरह दबाव डालेंगी, जैसा गोल की घनता रपा म टाका करती थी। जून का भून गया कि पिछ घोर उतरा भाव एक दूगरे पर दाब नहीं टाल सके, यि- वे ब्योम म गतिमान है घोर समा खरण रखा है, जा उन्हें भाकर्यण बल द्वारा मित रहा है (घन बाह्य बल - वायु का सवाहक व प्रतिरोधी बल - अनुपस्थित है)।

निष्कर्ष निकलता है कि गोल का भीतर हवा म स्वतंत्र उठाने वाले का लिये यात्री उगी क्षण से भारहीन हा गये होंगे, जिस क्षण गोला र्नों के प्रभाव म बाहर निकला होगा। उठी की तरह गोल के भीतर घन सारी वस्तुएँ भी भारहीन हो गयी हानी। भारहीनता के आधार पर यात्री सरलतापूर्वक निर्धारित कर सकते थे कि वे ब्योम म उड़ रहे हैं या ठो गी नली में ही स्थिर बडे हैं। पर उप-यासकार यणन करता है कि नम यात्रा के आरंभ म भाधे घटे तक लोग स्थिर घपाते रहे कि वे उड रहे हैं या जमीन पर ही पडे हैं

"-निकोल, हम उड भी रहे हैं या नहीं?

निकोल और भरदान ने देखा कि गोले म किसी प्रकार का कपन नहीं है।

-सचमुच! हम उड रहे हैं या नहीं? -भरदान ने प्रश्न दुहराया।

-या आराम से फ्लोरीदा की धरती पर लटे हैं? -निकोल ने पूछा।

-या मेक्सिकन खाड़ी के तल पर? -मिशेल ने जोडा"।

इस प्रकार के सदेह स्टीमर-यात्रियों के मन मे उठ सकते हैं, पर स्वतंत्र रूप से गतिमान गोले के यात्रियों के मन मे नहीं स्टीमर के यात्री का भार बना रहता है, पर गोले मे यात्री अवश्य ही ध्यान देंगे कि वे बिल्कुल भारहीन हो गये हैं।

यह गल्पित गोला-भ्रान्त एक अजूबा सा नजर आयेगा। यह एक नन्ही सी दुनिया होगी, जिसमे पिछे के भार नहीं होते, हाथ मे छूट कर वे

गिरने की बजाय वहीं रुके रहने हैं, वस्तुएँ किसी भी स्थिति में सतुलन नहीं छोटी, गिरे बोतल से पानी नहीं छलपता। यह सब "पद्र-यात्रा" के लेखक की दृष्टि से छूटा रह गया, और ये आश्चर्यजनक संभावनाओं उपन्यासकार की कल्पना का विस्तार विस्तृत करने का सामर्थ्य रखती हैं।¹

छोटे तराजू से सही तौल

सही तौल के लिये क्या अधिक महत्त्व रखता है तराजू या बाट?

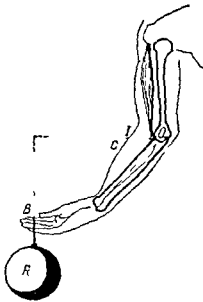
यदि आप सोचते हैं कि दाना ही का समान महत्त्व है, तो आप गलत हैं छोटे तराजू से भी सही तौल ज्ञात किया जा सकता है, यदि हमारे पास सही बाट हा। छोटे तराजू से सही तौल ज्ञात करने के कई तरीके हैं, इनमें से दो को हम देखेंगे।

पहली विधि महान रसायनज्ञ दिमित्री मन्दीव द्वारा बतायी गयी थी। शुरू में किसी भी एक पलड़े पर कोई भारी वस्तु रखते हैं। उसका भार तौली जाने वाली वस्तु के भार से अधिक होना चाहिये। दूसरे पलड़े पर बाटा की मदद से इस भार को सतुलित करते हैं। इसके बाद बाटो वाले पलड़े पर तौली जाने वाली वस्तु रखते हैं और इतना बाट हटा लेते हैं कि टूटा हुआ सतुलन पुनः स्थापित हो जाये। हटाये गये बाटा का भार ही इष्ट भार होगा, क्योंकि तौली जाने वाली वस्तु बिना सतुलन बिगाड़े उनका स्थान ले सकती है।

इस विधि को स्थायी भार की विधि कहते हैं। यह विशेष कर उस स्थिति में सुविधाजनक है, जब एक के बाद एक कई वस्तुओं को तौलने की जरूरत पडती है। आरम्भिक भार अपनी जगह से नहीं हटाते, उसका उपयोग सभी तौलों में करते हैं।

दूसरी विधि, जिसे उसका अविष्कार करने वाले वैज्ञानिक के नाम पर

¹ भारहीनता की परिस्थितियाँ का अर्थ बणन आज अंतरिक्ष यात्रियों की जुबानी सुना जा सकता है। राकेटों में खींचे गये चल चित्र भी प्रदर्शित किये जाते हैं। टेलीवीजन के पर्दे पर अंतरिक्ष में उड़ते यात्रियों और उनके भारहीन 'राकेट-जीवन' को देखने का समय हमें अक्सर प्राप्त होता रहता है।—संपादक



चित्र 27 आदमी की केहुनी द्वितीय श्रेणी का उत्तोलक है। बल बिंदु I पर क्रियाशील है, उत्तालक का टुक बिंदु O पर है, प्रतिरोध (भार R) बिंदु B पर लग रहा है। I O की दूरी से BO करीब 8 गुना अधिक है। (चित्र XVII-वीं शती के पलोरेस वासी वज्ञानिक बोरल की एक रचना जीव-जतुओं की गतियाँ से ली गयी है। इस पुस्तक में पहली बार शरीरक्रिया विज्ञान में यांत्रिकी का निम्नो का उपयोग किया गया है)

चिह्न पर ध्यान रखें। स्पष्ट है कि इन बाटों का कुल भार ही वस्तु का भार होगा

स्वयं से भी गतिमान

हाथ से आप कितना बड़ा बोझ उठा सकते हैं? मान लें कि 10 kg! आप सोचें हैं कि आपके हाथ में पेशियों की शक्ति यही है? गलतफहमी

“बोर्ड विधि” कहते हैं, इस प्रकार है एक पलड़े पर तीनों जाने वाले वस्तु रखते हैं और दूसरी पर रखना शुरू करते हैं। तब सन्तुलित हो जाने पर वस्तु हटा लेते हैं (बालू नहीं छूटे) और उसकी जगह बाट रखना शुरू करते हैं। जब सन्तुलन पुनः स्थापित हो जाता है, बाटों का भार तोल जाये वासी वस्तु के भार के बराबर होता है। कारण स्पष्ट है? बाट बिना सन्तुलन बिगाड़े पलड़े से वस्तु को प्रतिस्थापित कर सकते हैं। इसीलिए इस विधि को ‘प्रतिस्थापन विधि’ भी कहते हैं।

यदि आपके पास मही बाट है तो आप इस विधि का उपयोग कमानोदार तुला के साथ भी कर सकते हैं, जिसमें सिर्फ एक पलड़ा होता है। इसमें बालू की आवश्यकता भी नहीं है। तील जाने वाली वस्तु को पलड़े पर रख कर नोट कर लें कि तुला की सुई पमाने के किस अंश (चिह्न) पर रुकी है फिर वस्तु को हटा कर पलड़े पर इतने बाट रखते हैं कि सुई पुनः उसी

है। पेशिया वही अधिक शक्तिशाली हैं। उदाहरणार्थ, आप अपने हाथ के तथाकथित द्विधरा पेशी की क्रिया पर ध्यान दें (चित्र 27)। उसका एक सिरा केशुनी की हड्डी के पास जुड़ा है (यही हड्डी हाथ रूपी उत्तोलक की टेक भी है)। बोझ इस सजीव उत्तोलक के दूसरे सिरे पर क्रियाशील है। भार से टेक बिंदु, अर्थात् जोड़, तक की दूरी पेशी के सिरे से टेक तक की दूरी से 8 गुनी अधिक है। अर्थात् यदि बोझ 10kg है, तो पेशी उसे 8 गुने अधिक बल से उठाती है। हाथ द्वारा 8 गुना अधिक बल लगा कर पेशी 10 kg नहीं, 80 kg उठा सकती है।

हम बिना किसी अतिशयोक्ति के कह सकते हैं कि हर आदमी अपने आप से वही अधिक शक्तिशाली होता है, अर्थात् हमारी पेशिया जो बल लगाती हैं, वह हमारी क्रियाओं में प्रकट होने वाले बल से काफी बड़ा होता है।

क्या इस प्रकार की संरचना को मितव्ययी या विवेकसंगत कहा जा सकता है? प्रथम दृष्टि में नहीं लगता—यहां हम बल की बरबादी देखते हैं, जिसके बढ़ने में कुछ भी नहीं मिलता। पर यात्रिकों के एक पुराने स्वर्ण नियम" का स्मरण करे ताकत की बरबादी कदमों की आवादी। बल में हानी स्थानांतरण में लाभ देता है और इसीलिये वेग भी अधिक प्राप्त होता है। 8 गुना बल खच करने से हाथ 8 गुना ज़रद हिल डुल सकता है।

जीवा में पेशियों के जुड़ने की जो विधि हम देखते हैं, वह हाथ पैर को फुर्तीलापन देता है। जीवनसंघर्ष में यह बात शक्ति से कहीं अधिक महत्त्व रखती है। हम काफी सुस्त जीव होते, यदि हमारे हाथ-पैर इस सिध्दात पर नहीं बने होते।

तीक्ष्ण वस्तुएं चुभती क्यों हैं?

आपने कभी इस प्रश्न पर सोचा है कि सुई इतनी आसानी से क्यों चीजों के आर-पार चुभ कर निकल जाती है? मोटे कपड़े या गत्ते को पतली सुई से भोवना क्यों आसान है बनिस्वत कि मोथी काटी से? देखने पर लगता है कि दोनों ही स्थितियों में बल समान लगते हैं।

बल समान है, पर दबाव या दाब समान नहीं है। प्रथम स्थिति में

सारा बल मुई की नोक पर सम्द्रित हो जाता है और दूसरी स्थिति में वही बल वही बड़े क्षेत्र पर वितरित होता है, क्योंकि काटी मोची है। अतः मुई का दाब भाभी काटी के दाब से वही अधिक है, हालांकि हम से हम समान बल लगाते हैं।

हर आत्मी यही कहेगा कि 20 दाँतो वाला होगा (दून्टरो में चक्केदार होंगे होते हैं) अधिक गहराई तक जमीन डीली कर सकता है, बनिस्ती की उसी भार का 60 दाँतो वाला होगा। क्यों? क्योंकि दूसरी स्थिति की अपेक्षा पहली में हर दाँत पर अधिक बोझ पड़ता है।

जब भी दाब का सवाल उठे, बल के सिवा उस क्षेत्र को भी ध्यान में रखना चाहिये, जिस पर बल कायशील है। जब हमें कहा जाता है कि एक आदमी का वेटन 100 स्बल है, हम नहीं जानते कि यह कम है या अधिक। इसके लिये जानना चाहिये कि यह वेटन मासिक है या वार्षिक। ठीक इसी प्रकार से बल की क्रिया इस पर निर्भर करती है कि वह एक बग सेटीमीटर पर वितरित है या बग मिलिमीटर के सौंवे भाग पर सकेन्द्रित है।

भुरभुरे बर्फ पर स्वी पहन कर आप चल सकते हैं, पर बिना स्वी के आप बर्फ में धस जाते हैं। क्यों? क्योंकि प्रथम स्थिति में आपके शरीर का दाब कहीं बड़े तल पर वितरित होता है। उदाहरणतया, यदि तनुबों के क्षेत्रफल से स्वी के तल का क्षेत्रफल 20 गुना कम है, तो परो की अपेक्षा स्की से हम बर्फ को 20 गुनी कम शक्ति से दबाते हैं। भुरभुरा बर्फ इस दाब को सह जाता है, पर खाली पैरो से पड़ने वाले दाब को नहीं सह पाता।

इसी कारणवश दलदली जमीन पर काम करने वाले घोड़ों के घुड़ों पर खास 'जूते' पहनाये जाते हैं, जिससे परो की टैक का क्षेत्रफल बढ़ जाता है और जमीन पर दाब घट जाता है। कुछ दलदली हिस्सों में रहने वाले लोग भी ऐसे 'जूते' पहना करते हैं।

नदी या तालाब पर यदि बर्फ की परत काफी पतली हो, तो उस पर खड़े होकर नहीं, सेटकर रेगते हुए चलते हैं, ताकि शरीर का भार अधिक बड़े क्षेत्र पर वितरित किया जा सके।

और अतः म, ट्वा और चत्रपट्टी पर चलने वाले ट्रैक्टरों के भुरभुरा जमीन में नहीं फसने का गुण इसी से समझाया जा सकता है। उनका भार काफी विस्तृत टैक-क्षेत्र पर वितरित रहता है। पट्टे पर चलने वाली 8 टन

से अधिक भारी गाड़ी जमीन के 8 वर्ग सेटीमीटर पर 6000 g से अधिक दाब नहीं डालती। इसी दृष्टिकोण से चक्कों की बजाय पट्टी पर चलने वाली प्रोटोगाडियां दलदला पर भार ढोने के काम में अधिक उपयोगी हो सकती हैं। इस तरह का ट्रक 2 टन का बोझ ढोने वकन जमीन के एक वर्ग सेटीमीटर पर सिर्फ 160 g दाब डालता है। इसीलिये वह दलदली इलाकों में मजें से चल सकता है।

इन स्थितियों में बड़ा आलव-क्षेत्र तकनीकी तौर पर उतना ही उपयोगी है, जितना सुई के उदाहरण में सूक्ष्म क्षेत्र।

उक्त बातों से स्पष्ट है कि वस्तुभा की नोक सिर्फ घपने नगण्य क्षेत्रफल के कारण ही चुमती है, जिस पर बल वितरित होता है। ठीक इसी कारणवश तेज छूरी अधिक अच्छी तरह काटती है, बनिस्वत कि भोयी बल कम व्योम में सकेन्द्रित होता है।

इस प्रकार, तीक्ष्ण वस्तुएं सरलतापूर्वक चुमती और काटती हैं, क्योंकि नोक और धार पर अधिक दाब सकेन्द्रित होता है।

सेविफान की तरह

साधारण स्टूल पर बैठने से वह कठोर क्यों लगता है, जबकि उसी लकड़ी की बनी कुर्सी मुलायम लगती है? कठोर रस्सी से बुनी खाट भी मुलायम लगती है, क्यों?

समझना कठिन नहीं है। साधारण स्टूल पर बैठने की जगह चौरस होती है और हमारा शरीर बहुत छोटे क्षेत्रफल वाले तल पर उसे स्पर्श करता है। घड का सारा बोझ इसी छोटे तल पर सकेन्द्रित होता है। कुर्सी पर बैठने लायक जगह थोड़ी गहरी (नतोदर) होती है। हमारा शरीर उसके तल के साथ अधिक बड़े क्षेत्र पर सटा होता है और इसी क्षेत्र पर हमारे घड का भार वितरित होता है। यहां स्पश-तल के इकाई क्षेत्रफल पर कम बोझ पडता है। कम दाब होता है।

इस प्रकार, बात सिर्फ दाब के समरूप वितरण में है। जब हम मुलायम गद्दे पर सोते हैं, हमारे शरीर के ऊबड-खाबड तलों के अनुरूप उसमें गड्ढे आदि बन जाते हैं। हमारे शरीर के निचले भाग के तल पर (जो विस्तर के साथ स्पर्श में है) दाब का वितरण पर्याप्त समान रूप से होता है,

जितने कारण हर वर्ग सेंटीमीटर पर कुछ ग्राम का बराबर ही भार रहता है। आसपास तभी कि इन परिस्थितियों में हम बहुत धारामयें मद्दुग होते।

उपरोक्त धार को सम्झाओं में भी ध्यान दिया जा सकता है। एक आदमी के शरीर पर ताप का क्षेत्रफल करीब 2 m^2 या 20000 cm^2 होता है। मान लें कि जब हम बिस्तर पर लेटते हैं हमारे शरीर के पूरे ऊपर का करीब $1/1$ भाग, यर्थात् 0.5 m^2 या 5000 cm^2 उपर ताप का क्षेत्र भाग है। हमारे शरीर का भार (भोगा) 60 kg या 60000 g है, जो हर वर्ग सेंटीमीटर पर सिर्फ 12 ग्राम दाब पड़ता है। जब हम तन लकी पर लेटते हैं, तो हमारे शरीर का कुछ छोटे उमरे हिस्से ही धानवग्न बनाते हैं, जिनका कुल क्षेत्रफल कुल क्षेत्रफल से ही होता है। अतः हर वर्ग सेंटीमीटर पर दस-दस ग्राम का बजाय कोई धाया विनाश का दाब पड़ता है। यह भार बहुत है और हम अपने शरीर द्वारा मुक्त ही इसका अनुभव कर सते हैं और यह है कि काफी "बडा" है।

पर सबसे बडोर बिस्तर भी हम धरतत मुलायम लग सकता है, यदि दबाव उसने बडे हिस्से पर समान रूप से वितरित किया जा सके। कल्पना कीजिये कि आप गर्म गीनी मिट्टी पर सटने हैं। उमपर आपने शरीर की छाप उधर धाती है। अब आप उठकर मिट्टी को मूछने दें (मूछन पर मिट्टी 5-10% 'बठती' या 'सिपुडती' है, पर मान लें कि ऐसा नहीं होता)। जब वह मूछ कर पत्थर का तरह बठोर हो जाये, तो आप पुन उसपर बने अपने शरीर के साथे न लट जायें। आप अपने को मुलायम रूई के गद्दे पर महसूस करयें, कोई भी बठोरता नहीं लगेगी, यद्यपि आप अक्षरशः पत्थर पर ही लेटे हैं। आप बिस्ते के लेविफान की तरह बन जायेंगे, जिसके बारे में सोमोनोसोव ने कविता लिखी है

पत्थरो पर सोता निर्विकार
करता बठोरता का निरस्कार
वज्र या जीता शक्तिमान
चट्टानो को नर्म मिट्टी मान।

पर बठोरता के प्रति हमारी असवेदनाशालता का कारण हमारी 'वज्र शक्ति' नहीं है, बल्कि विस्तृत आलव क्षेत्र पर हमारे शरीर के भार का समरूप वितरण है।

अध्याय 3

परिवेश का प्रतिरोध

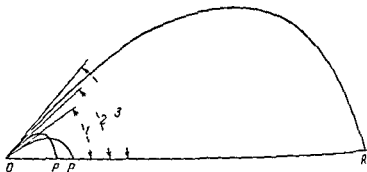
हवा में बुलेट

बुलेट की उड़ान में हवा बाधा डालती है, यह सभी जानते हैं। पर हवा की रोध शक्ति कितनी है, इसका सही अंजा बहुत कम ही लोग लगा पाते हैं। अधिकांश लोग सोचते हैं कि हवा जैसा नम परिवेश, जिसे साधारणतया हम महसूस भी नहीं करते, बंदूक की गोली के अबाध वेग में कोई बड़ी बाधा जैसे डाल सकता है।



चित्र 28 हवा व निर्वात में गोली की उड़ान। बड़ा चाप उस पथ को दर्शाता है, जिसपर गोली वातावरण की अनुपस्थिति में चलती। बायें छोटा चाप गोली का हवा में वास्तविक पथ दर्शाता है।

पर यदि चित्र 28 पर ध्यान देंगे, तो आप समझ जायेंगे कि हवा बुलेट के रास्ते में सचमुच गभीर रूकावट है। आरेख में बड़ा चाप उस पथ को दर्शाता है, जिस पर गोली हवा की अनुपस्थिति में चलती। 45° के कोण पर करीब 620 m/s के आरम्भिक वेग से प्रक्षिप्त गोली बंदूक से निकल कर बहुत बड़ा महारावी पथ तय करती, जिसकी ऊंचाई 10 km होती और लंबाई करीब 40 km होती, पर यथाय परिस्थितियां में गोली अपेक्षाकृत अत्यंत छोटा चाप बनाती है और बंदूक से सिर्फ 4 km की दूरी पर गिर जाती है। उसी आरेख में दर्शाया यह चाप बिल्कुल नगण्य लगता



चित्र 29 प्रतिदूर नारक तोप क झुकाव कोणो को बढाने पर गोले की उड़ाना में अंतर, कोण 1 पर गोला p' बिंदु पर गिरता है, कोण 2 पर p पर, कोण के 3 हो जाने पर उड़ान काफी लंबी हो जाती है, क्योंकि गोला वातावरण की विरल परतों में भ्रमण करता है।

है। यह है परिणाम हवा के प्रतिरोध का। यदि हवा नहीं होती तो दुश्मन पर 40 km की दूरी से गोली चलायी जा सकती थी। उनके लिये व 10 km की ऊँचाई से छरों की बीछार होती।

प्रतिदूर की चादमारी

दुश्मन पर सौ से अधिक किलोमीटर की दूरी से गोली चलाते साम्राज्यवादी युद्ध के अंत (1918) में जर्मन तोपों ने शुरू किया, ज अग्नेज और फासीसी विमानों ने जर्मनों के हवाई आक्रमण को निष्क्रिय कर दिया। जर्मन सैनिक मुख्यालय ने फौट से करीब 110 km से भी दूर फ्रा की राजधानी पर गोले बरसाने के लिये तोपों का सहारा लिया।

यह विधि बिल्कुल नयी थी, किसी ने भी इसका प्रयोग नहीं किया था। जर्मनों के हाथ यह विधि सिर्फ सयोगवश ही आयी थी। अधिक कोण पर घटे वृहत कलीबरी तोपों से गोनेवारी करने पर देखा गया कि 20 km की बजाय गोले 40 km की दूरी पर गिरने हैं। यह परिणाम आशाती था। पता चला कि वृहन आरम्भिक वेग से गोले को सीधा ऊपर भेजने पर वह ऊँचाई पर स्थित वातावरण के विरल परतों में प्रविष्ट हो जाता है जहाँ हवा का प्रतिरोध काफी नगण्य होता है। ऐसे क्षीण प्रतिक्रिया परिवे

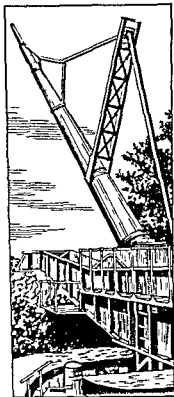
मे गोला अपने उडान पथ का बहुत बड़ा भाग तय कर लेता है और फिर सीधा नीचे जमीन की ओर गिरने लगता है। चित्र 29 दृष्ट रूप से दिखाता है कि तोप की नली का कोण बदलने पर गोले के पथ में कितना बड़ा अंतर हो जाता है।

जर्मने द्वारा 115 km दूर स्थित पेरिस पर गोले बरसान के लिये अतिदूरमारी तोपों की परिदरचना के आधर में ये ही प्रेक्षण थे। सन् 1918 की गमियों में यह तोप सफलतापूर्वक बन कर तैयार हो गया। उसने पेरिस पर तीन सौ से अधिक गोले फेंके।

बाद में इस तोप के बारे में जो कुछ पता चला, वह इस प्रकार से है।

यह इस्पान की एक विशाल नदी थी। यह 34 m लंबी थी और पूरी एक मीटर माटी थी। दीवार की मुटाई 40 cm थी। अस्त्र का वजन 750 टन था। इसने 120 kg भारी गोले एक मीटर लंबे और 21 cm मोटे थे। इसमें 150 kg बारूद हाता था। तोप दागते वक्त यह बारूद 5000 वायुमंडलीय दबाव उत्पन्न करता था, जो गोले को 2000 m/s के आरम्भिक वेग से प्रक्षिप्त करता था। गालेबारी 52° के उत्थान कोण पर की जाती थी। गोले का उडान-पथ एक विशाल चाप था, जिसका उच्चतम बिंदु जमीन से 40 km ऊपर, अर्थात् सुदूर स्ट्रेटोस्फियर में था। अपने स्थान से पेरिस तक की दूरी - 115 km - वह 35 मिनट में तय करता था जिसमें से 2 मिनट की उडान स्ट्रेटोस्फियर में भरता था।

ऐसा था प्रथम अतिदूर मारक तोप, आधुनिक अतिदूर मारक तोपों का पूर्वज।



चित्र 30 जर्मन तोप 'गालोसल' का वाहक रूप।

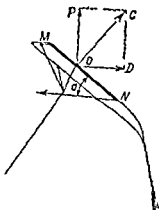
गोली (या गोले) का घारित्व बेग खिना हो घटित हा, एा का प्रतिसाध उना ही शून्य होगा एा बेग क घनता में नरी बाण घनित घोर लेरी में, बाण क घाण उच्च घाण क घनता में बाण है। एा बेग क घटियाण पर तिर्न करणा है।

पतंग की उड़ान

घाणो कभी गमना की वाणिग की है कि पाण ऊपर घीठे उठती है, जबकि घीठे उठे घीठे घीठे है ?

यदि घाण एग प्रधा का उतर दे सरा है, तो घाण यह भी एग घाणो कि विमाण बैग उठता है, मीपन (घुानी घुण) के बीज कते हा में तीरते है घोर यहां तक कि घूमरंग की विधित गति के कारणों को भी समझा सगे। ये गारी परिघटनाएँ एा ही प्रकार की हैं। यही हवा, जो गोली की गति में गमीर बाघक होती है, न केवल पतंग क मीपन-बीज क उठने का कारण बारी है, बलिन दगिया यात्रिया समेत भारी विमानों के भी उठने में सहायक बनती है।

पतंग के ऊपर उठने के कारण को समझने के लिये हम सरलीकृत घाणो का सहारा लेना पड़ेगा। माना कि रेखा MN (चित्र 31) पतंग का का



चित्र 31 पतंग पर क्रियाशील बल।

घीठित करती है। जब हम पतंग उड़ाने हैं, हम उस घोर के सहारे घीठते हैं। घूठ के भार के कारण यह झुकी स्थिति में उठती है। माना कि यह गति दायी से बायीं घोर की है। α द्वारा गतित्र के साथ पतंग के झुकाव के कोण को व्यक्त करते हैं। अब देखें कि इस प्रकार से गतिमान पतंग पर कौन स बल कार्यशील हैं। हवा अवश्य ही उसकी गति में बाधा डालेगी और पतंग पर कोई दबाव डालेगी। यह दबाव चित्र 31 में तीर OC द्वारा दर्शाया गया है। चूंकि हवा समतल पर हमेशा लवरूप से दबाव डालती है, रेखा

OC लव खीची गयी है MN के। बलो का समातर चतुभुज बना कर हम बल OC को दो घटको मे विघटित कर सकते हैं, बल OC की जगह पर हम दो बल OD और OP मिलेगे। उनमे से बल OD हमारे पतग को पीछे खीचता है और इसीलिये उसके आरम्भिक बग को कम कर देता है। दूसरा बल OP पतग को ऊपर उठाने मे लगा है, वह पतग के भार को कम करता है। यदि बल OP इतना बढा हो कि पतग के भार पर विजय प्राप्त कर ले, तो वह पतग को ऊपर उठा सकता है। यही कारण है कि क्यो पतग ऊपर उठती है, जबकि हम उसे पीछे की ओर खीचते हैं।

विमान भी पतग ही है, सिफ उसमे हमारे हाथो की गति प्रेरक शक्ति की जगह पर पखुडियो या प्रतिकारी चलित्वो की गति गति प्रेरक शक्ति का काम करती है, जो विमान को पीछे की गति दे कर उसे उठने को विवश करती है। यहा पर परिघटना को मोटा-मोटी ही रेखांकित किया गया है। दूसरी परिस्थितिया भी हैं, जो विमान के ऊपर उठने मे सहायक होती हैं। उनके बारे मे अग्रयन बात होनी।¹

सजीव ग्लाइडर

आप देखते हैं कि विमान पक्षियो की नकल नहीं है, जैसा कि साधारणतया लोग सोचते है वह उडन गिलहरी या उडन-भछनी से कही अधिक मिलता जुलता है। बसे, उपरोक्त जीव अपनी उडने वाली झिल्लियो का उपयोग ऊपर उडने के लिये नहीं करते, बल्कि सिफ लबी छलागा (पायलट के शब्दो मे "तरती उडानो") के लिये करते हैं। उनके लिये बल OP (चित्र 31) पर्याप्त नहीं होता कि उनके शरीर के बोझ को पूणतया मतुलित कर सके वह सिफ उनके भार को कम कर देता है जिसकी मदद से वे बडी-बडी ऊचाइया से भी छलाग लगा सकते हैं (चित्र 32)। उडन गिलहरिया एक पेड की फुनगी (20-30 मी ऊची) से दूसरे पेड की निचली शाखाओ पर छलाग लगाया करती हैं। लकड़ और इस्ट इडीज

¹दे "मनोरजक भौतिकी", दूसरी पुस्तक शीपक तरग और भवर"।



चित्र 32 उड़न गिलहरियों की उड़ान। ऊँचाई से छलाग लगा कर वे 20-30 मीटर दूर उड़ सकती हैं।

मे काफी बड़ी उड़न गिलहरिया होती हैं, जिहे सागुवान कहते हैं। वे आकार मे बिल्ली के बराबर होती हैं। इनो को फैलाने पर उनकी चौड़ाई आधे मीटर तक हो जाती है। इतनी बड़ी उड़न की झिल्लिया अनेक बड़ वजन के बावजूद भी उहे 50 मीटर तक की उड़ान मे मदद देती हैं। अगुलास्थिक जो जोड़ व फिलिपाइन द्वीपो पर पाय जाते हैं, 70m तक की छलागे लगा सकते हैं।

पीछे बिना मशीन के उड़ते हैं

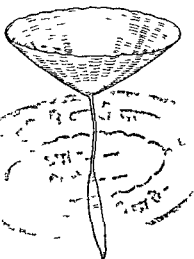
पीछे भी अपने फलो और बीजो को फैलाने के लिये ग्लाइडरो का इस्तेमाल करते हैं। अनेक फना और बीजो भ बालो के गुच्छे लगे होते हैं (उडेलियम वकरदाही कपास आदि की टीक), जो पराशूट का काम करते हैं। बहुतो भ अवनव देने के लिये विशेष पक्ष सी झिल्ली लगी होती है। ऐसे वनस्पति-ग्लाइडर शकुलो, मपलो, अल्मस बच, चमखरक, लसोटा व अनेक छत्र-पुष्पो म देखे जाते हैं। केनेर फोन मरिसाउन की विद्यपत्र पुस्तक 'पादपा का जीवन' मे निम्न पक्षिया पढ़ सकते हैं

“शात हवा और धूप के दिन बहुत से बीज ऊँचमुँची चायु सबहन धाराओ के साथ काफी ऊपर उड़ आते हैं और सूर्यास्त के बाद कुछ दूरी पर भ्रमसर नीचे उतर आते हैं। इस तरह की उड़ानें पौधा को दूर-दूर तक फलाने में उतना महत्त्व नहीं रखती, जितना पहाड़ी ऊँचाइयो, सीधी ढलानो पर बने छिद्रो, दरारो, चट्टानो आदि पर बीजो को पहुचाने में। ऐसी जगहो पर बीज दूसरी विधियो से नहीं पहुच सकते हैं। क्शैतिज पवन धारायें बीजो को बडी-बडी दूरियो पर पहुचा सकती हैं।

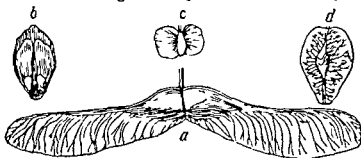
कुछ पौधा के बीज पख और पैराशूट से सिफ तभी तक जुडे रहते हैं, जबतक कि उड़ते रहते हैं। यिसल के बीज हवा में धाराम से उड़ते हैं, पर जसे ही माग में कोई बाधा आती है, बीज पैराशूट से अलग होकर जमीन पर गिर जाता है। यही कारण है कि दीवारो और बाडो के पास यिसल इतना बहुतायत में पनपते हैं। दूसरी स्थितियो में बीज हमेशा पैराशूट से जुडा रहता है”।

चित्र 33 व 34 में चंद “ग्लाइडर युक्त” बीज दिखाये गये हैं।

वनस्पति ग्लाइडर कई अर्थों में मानव निमित्त ग्लाइडरो से भी अच्छे हैं। वे अपने वजन की तुलना में कहीं बड़ा बोझ उठा लेते हैं। इसके



चित्र 33 बकरदाडी का बीज



चित्र 34 पौधे के उड़ावू बीज, a-मैपल b-पाइन c-बरगद d-बच

प्रतिरिक्त, वास्पति ग्लाइडर में स्वपातित स्थिरता होती है यदि धारों चमेली के बीज को उतार दिया जाये, तो हवा में उमका उन्नतोर पर स्वयं नीचे हो जायेगा। यदि उतारे मार्ग में बाधा आती है, तो वह रुक नहीं घाता, बल्कि सरता हुआ नीचे उतर आता है।

पैराशूटिस्ट की विलंबित छलांग

यहां आप पैराशूटी-छलांग के निपुण खिलाडिया की वीरतापूर्ण छलांगों को याद कर सकते हैं, जो करीब 10 km की ऊंचाई से पैराशूट छोड़ने बाद ही छलांग लगाते हैं। अपने पथ का बहुत बड़ा हिस्सा तय करने के बाद ही वे पैराशूट के छल्ले को झटका देते हैं और सिर्फ आधे घंटे के भीतर अपनी छतरिया के सहारे उड़ कर जमीन पर आते हैं।

बहुत से लोग सोचते हैं कि बिना पैराशूट के घादमी बसे ही गिरता है, जैसे शून्य में पत्थर। पर यदि ऐसी बात होती, तो विलंबित छलांग वास्तविकता से बहुत कम समय तक जारी रह सकती और छलांग के प्रतिक्षण में वेग विशाल होता।

पर हवा का प्रतिरोध वेग बढ़ने में बाधक होता है। विलंबित छलांग में पैराशूटिस्ट का वेग सिर्फ प्रथम दम सेकेंडो में ही प्रथम सौ-एक मीटर तय करते वकत बढ़ता है। वेग वृद्धि के साथ-साथ हवा के प्रतिरोध में इतनी तेजी से वृद्धि होने लगती है कि शीघ्र ही वह क्षण आ जाता है, जब वेग का बढ़ना रुक जाता है। त्वरित गति समरूप गति में परिणत हो जाती है।

बलन कर के यांत्रिकी के दृष्टिकोण से विलंबित छलांग का चित्र प्राप्त किया जा सकता है। छतरीबाज का त्वरित अभिघातन उसके वजन के अनुसार प्रथम 12 या उससे कुछ कम सेकेंडो तक ही जारी रहता है। इतने समय में करीब 400-500 मीटर नीचे गिरा जा सकता है और 50 m/s का वेग प्राप्त कर लिया जा सकता है। छतरी खुलने तक बाकी सारा पथ वह इसी वेग वाली समरूप गति से गिरता है।

वर्षों की बूढ़े भी करीब इसी प्रकार गिरती हैं। फरक बस इतना है कि अभिघातन का प्रथम अवकाश, जिसमें वेग बढ़ता रहता है, एक सेकेंड या इससे भी कम समय तक जारी रहता है। इसीलिये वर्षों की बूढ़े का

रतिम वेग इतना बड़ा नहीं होता, जितना छतरीबाज का वह बूद के साकार के अनुसार 2 से 7 मीटर प्रति सेकेड तक का हो सकता है।¹

बूमरंग

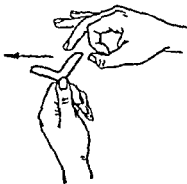
यह मौलिक अस्त्र आदिम मानव के तकनीक की सबसे विकसित सृष्टि है। लंबे अर्से तक यह वैज्ञानिकों के आश्चर्य का कारण बना रहा। सचमुच में, विचित्र और जटिल आकृतिशा, जो बूमरंग का पथ हवा में बनाता है (चित्र 35), किसी को भी सोच में डाल दे सकती हैं।

आधुनिक समय में बूमरंग की उड़ान का सिद्धांत विस्तारपूर्वक प्रतिपादित हो चुका है और उसकी उड़ान अब कोई चमत्कार नहीं रह गयी है। इन दिलचस्प विस्तारों में हम नहीं जायेंगे। सिर्फ इतना बता दें कि बूमरंग



चित्र 35 आस्ट्रेलियावासी छिप कर बूमरंग से निशाना लगाते हैं। बूमरंग का पथ (यहाँ निशाना चूक गया है।) बिंदु रेखा द्वारा दिखाया गया है।

¹ वर्षा की बूद के वेग के बारे में मेरी पुस्तक "मनोरंजक यात्रिकी" में सविस्तार बताया गया है और दिलचस्प छलाग के बारे में—"क्या आप भौतिकी जानते हैं?" नामक पुस्तक में।



चित्र 36 कागजी बूमरंग उठो पकाने का तरीका।



चित्र 37 कागजी बूमरंग का एक और रूप (अपने वास्तविक प्रकार में)।

भी उड़ान के ये भ्रमाधारण पर निम्न तीन कारणों की प्राप्ति किता फल है 1) धारंभिव प्रक्षेप, 2) बूमरंग का घूर्णन और 3) हवा प्रतिरोध। धारद्वैलिंगाभासी घतप्रैरणा से इन तीन घटकों को समुक्त कर है, यह नौशक्ततापूर्वक बूमरंग का नति कोण (झुकाव का कोण) प्रभेप-बल व उसकी दिशा परिवर्तित करता है, ताकि द्रष्ट परिणाम प्राप्त हो सके, इस कला में कुछ निपुण हर व्यक्ति हासिल कर सकता है।



चित्र 38 निम्न के एक प्राचीन चित्र में बूमरंग चलता हुआ एक सैनिक।

बूमरंग में अभ्यास के लिये प्रायः कागजी बूमरंग से ही सतोष क पाड़ेगा, जिसे पोस्टकार्ड के चित्र में दर्शित प्रकार में काट कर प्र कर ले सकते हैं। हर शाखा की लंबाई करीब 5cm है और चौड़ाई 1cm कुछ कम है। घूठों के नाखून में पंसा कर घुटकी से इस प्रकार की दिशा धागे थोड़ा उ बूमरंग कोई पांच

मीटर उड़ जाएगा और तैरता हुआ वक्र-पथ बनाएगा, जो कभी-कभी जटिल भी हो सकता है, और यदि हमारे में किसी चीज से टकरायेगा नहीं, तो आपने पैरो के पास घाबर गिरेगा।

प्रयोग और सफल साबित होगा, यदि बूमरंग को चित्र 37 की भाँति रूप और आकार दिया जाये। बूमरंग की धाँचा को एक हल्का मरोड़ देना भी सामंदायक होगा (चित्र 37, नीचे)। ऐसे बूमरंग को आप घोड़ी निपुणता से ही जटिल वक्रों पर चलने और फिर आपने पास वापस लौटने को विवश कर सकते हैं।

अतः में यह भी बता दें कि बूमरंग सिर्फ आस्ट्रेलियन वासियों का ही अस्त्र नहीं रहा है, जसा कि बहुत से लोग सोचते हंगे। वह भारत में भी कुछ स्थानों पर व्यवहृत होता है। भित्ति चित्रों के अवशेषों से लगता है कि वह कभी एसीरियन योद्धाओं के लिये आम अस्त्र था। प्राचीन मिस्र और नूबी में भी बूमरंग ज्ञान था। आस्ट्रेलियनों के बूमरंग में एक ही असा धारण बात है कि उसे बीच से एक हल्की एँठन दे दी जाती है। यही कारण है कि आस्ट्रेलियन बूमरंग आश्चर्यजनक वक्र बनाते हैं और निशाना चूबने पर वापस फेंकने वाले के परा पर आ गिरते हैं।

अध्याय 4

घूर्णन "शाश्वत गति"

उबले और कच्चे अंडों की पहचान

यदि आवश्यकता पड़े, तो बिना छीले बता सकते हैं कि अंडा उबला हुआ है या कच्चा? यांत्रिकी का ज्ञान ऐसी छोटी-मोटी निपटारा से छात्रों को दिलाने में सहायक हो सकता है।

बात यह है कि उबले और कच्चे अंडे अलग-अलग प्रकार से घूमते हैं। उक्त समस्या को हल करने में इसी बात की सहायता ले सकते हैं। अंडे को घाली या प्लेट में रखते हैं और दो उंगलियों में पकड़ कर तेजी से घिरनी की तरह घुमाते हैं (चित्र 39)। उबला हुआ (खरबूट की अच्छी तरह से) अंडा काफी तेजी से और देर तक घूर्णन करता रहता। कच्चे अंडे को घूर्णन के लिये विवश करना भी कठिन है, जबकि घूर्णन तरह उबला अंडा इतनी तेजी से घूमना शुरू कर देता है कि उसकी घूर्णन कृति धुल कर चपके दीर्घवृत्तज की तरह दिखने लगती है और वह घूर्णन पतले सिरे पर भी खड़ा हो जा सकता है।

इन परिघटनाओं का कारण यह है कि अच्छी तरह से उबला हुआ



चित्र 39 अंडे को घिरनी की तरह घुमाना।



चित्र 40 तटस्थ स्थिति में घूर्णन से कच्चे व उबले अंडों की पहचान

जहाँ एक पूरे एकाग्र पिंड की तरह घूमता है, जबकि कच्चे भंडे के भीतर जहाँ द्रव घुंघनगति तुरंत प्राप्त नहीं करता और जड़त्व के कारण ऊपरी छोर कोप की गति को रोकने लगता है, ब्रेक का काम करने लगता है।

उबले और कच्चे भंडे रोकने पर भी भिन्न प्रकार से प्रतिक्रिया करते हैं। घुंघनरत उबले भंडे को उगली से छूने पर वह रक जाता है। कच्चा भंडा पल भर को रक जाएगा, पर उगली हटाते ही फिर थोड़ा घूमना शुरू कर देगा। इस का कारण भी जड़त्व ही है। कच्चे भंडे में भीतरी द्रव तब भी घूमना जारी रखता है, जबकि ऊपरी बठोर कोप रक चुका होता है। मच्छी तरह उबले भंडे के भीतर जो कुछ होना है, ऊपरी कोप के रकने के साथ ही रक जाता है।

इस तरह के परीक्षण दूसरी विधि से भी संपन्न किये जा सकते हैं। एक उबले और एक कच्चे भंडे की "माभ्योत्तर रेखा" पर रबड़ का एक छरला तान कर चढ़ा दीजिये और एक जैसी रस्सी से बांध कर लटका दीजिये (चित्र 40)। रस्सिया को ममान मख्या में ऐंठन दे कर छोड़ दें। कच्चे और उबले भंडा में अंतर तुरंत दिखा जाएगा। उबला भंडा आरंभिक स्थिति में आकर खेगा नहीं, बल्कि रस्सी को उल्टा ऐंठता हुआ चक्कर खाने लगेगा, इसके बाद एंठन को खोलता हुआ घूमने लगेगा और रस्सी को पहले जमे ऐंठने लगेगा। यह चक्कर काफी देर तक चलता रहेगा (हर बार चक्करो की संख्या कम होती जाएगी)। कच्चा भंडा पुरानी स्थिति में आकर एकाध बार इधर-उधर घूम कर रक जाएगा, उबले भंडे के शांत होने के बहुत पहले ही। उसकी गति में बाधक भीतर का द्रव पदाय होता है।

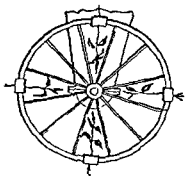
हास-चक्र

छाता छोले और फश पर उलट कर नोक के सहारे घुमाना शुरू कर, उसे क्षिप्र गति देना कठिन नहीं होगा। अब छतरी में मुड़ा चुड़ा कागज या एक छोटा गेंद डाले। डाली गयी वस्तु छाते के भीतर नहीं चकेगी, वह बाहर उछल आयेगी। इसे "केन्द्रापसारी बल" का नाम मिलत ही दिया गया है। दरअसल यह सिर्फ जड़त्व की अभिव्यक्ति है। गेंद विज्या की दिशा में नहीं, चक्रीय गति के पथ की स्पर्शरेखा की दिशा में भागती है।

घुंघन गति के इसी प्रभाव पर आधारित है मनोरंजन का एक साधन-

घोले में पड़ा पौधा

क्षिप्र घूमन से बेद्रापसारी प्रभाव इतनी बड़ी मात्रा में धारण करता है कि वह गुरुत्व से भी बड़ा हो जाता है। एक दिलचस्प प्रयोग देखो जो दिखाता है कि साधारण चक्का भी घूमने पर कितना बड़ा फेंकने का बल उत्पन्न कर सकता है। हमें ज्ञात है कि नहा पौधा अपना डठल घूमने की विपरीत दिशा में बढ़ाता है, अर्थात् यदि सरल शब्दों में ऊपर की ओर पनपाता है। लेकिन क्षिप्र घूमित चक्के की किनारा पर पत्तों को पनपने दें जैसा कि अग्रेज वनस्पति-वैज्ञानिक नाइट ने सौ साल से पहले किया था। आप आश्चर्यजनक चीज देखेंगे पौधों की जड़ें बाहर की ओर निकली होगी और डठल, पत्तों आदि चक्के के केंद्र की ओर किनारी की दिशा में (चित्र 43)।



चित्र 43 घूमते चक्के की किनारी पर पनपता बीज। फुलगी अक्ष की ओर बढ़ रही है और जड़-बाहर की ओर।

‘ चिर चलित ’

‘ चिर चलित ’ और ‘ चिर-गति ’ के बारे में अक्सर लोग प्रश्न या परोक्ष प्रश्नों में डोला करते हैं पर शायद ही कभी समझते हैं कि इन

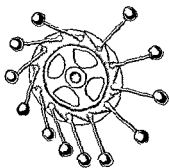
गुरुत्व की प्रकृति पर प्रायुक्तिक दृष्टिकोण इन दोनों के बीच कोई संबंधित नहीं देता।

हमने मानो पौधे को छोड़ मंडल दिया है उस पर गुरुत्व का बल दूसरे बल का प्रभाव डाल दिया जिसकी नियाशीलता चक्के के केंद्र के बाहर की ओर निर्दिष्ट है। और यदि अचरु हमेशा गुरुत्व के विपरीत दिशा में बढ़ता है, उसे इन परिस्थितियों में चक्के के भीतर किनारी से पनपने की ओर बढ़ना पड़ा। हमारा दृष्टिकोण गुरुत्व से अधिक शक्तिशाली निकला और पौधा उसी के प्रभाव में पनपा।

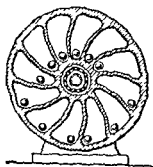
शब्दों का अर्थ क्या है। चिरचलित एक ऐसा वात्पनिक यंत्र है, जो अवि-
राम स्वयं चलता रहता है और साथ ही कोई कार्य भी संपन्न करता रहता
है (जस भाग उठाना)। ऐसा यंत्र कोई भी नहीं बना सका, हालांकि
बनाने की कोशिशें पुराने जमाने से हो रही हैं। इन प्रयत्नों की असफलता
से चिरचलित की असंभाव्यता में विश्वास और आधुनिक विज्ञान में ऊर्जा
संरक्षण नियम की स्थापना में सहायता मिली। जहां तक चिर-गति (शाश्वत
गति) का प्रश्न है, इसका अर्थ बिना काय-मपन्नता के अविराम गति है।

चित्र 44 में एक मिथ्या स्वचल यंत्र दिखाया गया है। यह चिर-
चलित की प्राचीनतम प्रायोजनाओं में से एक है, जो अभी भी असफल
दुर्गाग्रहियों के कारण पुनर्जन्म को प्राप्त होता रहता है। चक्के के किनारे
पर छोटे-छोटे छड लगे हैं, जिनके दूसरे सिरो पर बोल जूडे हैं। चक्का
किसी भी स्थिति में हो, उसकी बायीं ओर के बोल पंक्ति से दूर रहते हैं,
बनिस्वत कि बायीं ओर के। इसीलिये बायीं ओर के बोल बायें बोलों को
उठाने हुए नीचे की ओर लुन्केगे ओर चक्के को चला देंगे। इसका मतलब
है कि चक्का चिर काल तक चलना चाहिये, कम से कम तबतक, जबतक
कि अक्ष घिस न जाये। आविष्कारक ने यही सोचा होगा। फिर भी, यदि
ऐसा चलित बनाया जाये, वह धूमैगा नहीं। आविष्कारक का सोचा हुआ
कामगार नहीं रहा, क्यों?

कारण यह है दाहिनी तरफ के गुल्ले चक्के के केंद्र से दूर जरूर हैं
पर कभी न कभी ऐसा क्षण आयेगा ही, जब इन गुल्लो की सहाय बायें



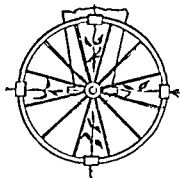
चित्र 44 मध्ययुगीन मिथ्या
शाश्वत चलित।



चित्र 45 सुदृक्ते गोलो वाला
मिथ्या शाश्वत चलित।

घोले में पड़ा पीपा

चित्र घूर्णन से बेंडापगारी प्रभाव इतनी बड़ी मात्रा में धारण कर सकता है कि यह गुरुत्व से भी बड़ा हो जाता है। एक चित्रण प्रयोग ऐसा है, जो सिद्धांत है कि साधारण पत्रों की घूर्णन पर बिना बड़ा पेंडने वाला बल उत्पन्न कर सकता है। हमें ज्ञान है कि उदात्त घूर्णन गुरुत्व बल की विपरीत दिशा में बढ़ता है, अर्थात् यदि गुरुत्व नीचे में बहें, ऊपर की ओर पाया जाता है। मरिच चित्र घूर्णन चक्के की किनारी पर बीज को पतन दें, जसा कि चित्रेक सांख्यिक-वैज्ञानिक माइक ने भी पहले किया था। चाप सांख्यिक-वैज्ञानिक बीज के बाहर की ओर निर्यात होगी और इतना, पते चाप चक्के के केंद्र की ओर चित्रों की दिशा में (चित्र 43)।



चित्र 43 घूर्णन चक्के की किनारी पर पतनता बीज। घूर्णन प्रभाव की ओर बढ़ रही है और जड़-बाहर की ओर।

हमने माना पीपा को घोंघे में डाल दिया है उम पर गुरुत्व बल बने दूसरे बल का प्रभाव डाल दिया, किमती त्रिआशीनता चक्के के केंद्र में बाहर की ओर निर्दिष्ट है। और यदि पट्टर हमें गुरुत्व के विपरीत दिशा में बढ़ता है, उसे इन परिस्थितियों में चक्के के भीतर किनारी से घना की ओर बढ़ना पडा। हमारा कृत्रिम गुरुत्व प्राकृतिक गुरुत्व से अधिक शक्तिशाली निवला¹ और पीपा उसी के प्रभाव में पतना।

“चिर-चलित”

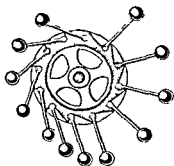
“चिर-चलित” और “चिर-गति” के बारे में अक्सर लोग प्रत्यक्ष या परोक्ष अर्थों में बोला करते हैं पर शायद ही मभी समझते हो कि इन

¹ गुरुत्व की प्रकृति पर आधुनिक दृष्टिकोण इन दोनों के बीच कोई सहायक फर्क नहीं देखता।

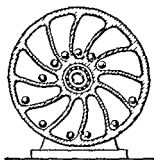
शब्दों का ग्रथ क्या है। चिर-चलित एक ऐसा बाल्पनिक यंत्र है, जो भविराम स्वयं चलता रहता है और साथ ही कोई काम भी सपन करता रहता है (जैसे भार उठाना)। ऐसा यंत्र कोई भी नहीं बना सका, हालांकि बनाने की कोशिशें पुराने जमाने से हो रही हैं। इन प्रयत्नों की असफलता से चिर-चलित की असभाव्यता में विश्वास और आधुनिक विज्ञान में ऊर्जा संरक्षण नियम की स्थापना में सहायता मिली। जहाँ तक चिर गति (शाश्वत गति) का प्रश्न है, इसका ग्रथ बिना काम-मपनता के भविराम गति है।

चित्र 44 में एक मिथ्या स्वर्चन यंत्र दिखाया गया है। यह चिर-चलित की प्राचीनतम प्रायोजनाद्यो में से एक है, जो अभी भी असफल दुराग्रहियों के कारण पुनर्जन्म को प्राप्त होता रहता है। चक्के के किनारों पर छोटे-छोटे छड़ लगे हैं, जिनके दूसरे सिरों पर गोल जुड़े हैं। चक्का किसी भी स्थिति में हो, उसकी दायी ओर के बोल गेंद्र से दूर रहते हैं, बनिस्वत कि बायी ओर के। इसीलिये दायी ओर के बोल बायें बोलों को उठाते हुए नीचे की ओर लुढ़केगे और चक्के को चला देंगे। इसका मतलब है कि चक्का चिर बाल तक चलना चाहिये, कम से कम तबतक, जबतक कि अक्ष घिस न जाये। आविष्कारक ने यही सोचा होगा। फिर भी, यदि ऐसा चलित बनाया जाये, वह धूमेगा नहीं। आविष्कारक का सोचा हुआ कामगर नहीं रहा, क्यों?

कारण यह है दाहिनी तरफ के गुल्ले चक्के के वेद्र से दूर जरूर हैं पर अभी न कभी ऐसा क्षण आयेगा ही, जब इन गुल्लों की सहाय्य बायें



चित्र 44 मध्ययुगीन मिथ्या शाश्वत चलित ।



चित्र 45 लुढ़कते गोलों वाला मिथ्या शाश्वत चलित ।

गुल्लो की सख्या से कम हो जायेगी। चित्र 44 पर नजर डालिये दाये गुल्ला की सख्या सिर्फ 4 है, बायें—8। इससे सारी प्रणाली सतुलित हो जायेगी और चक्का घुमेगा नहीं, कुछेन चार झूल कर इसी स्थिति में रह जायेगा।¹

मय भ्रवाटय रूप से सिद्ध किया जा चुका है कि ऐसा यंत्र नहीं बनाया जा सकता, जो अनवरत अपने आप चलता रहे और साथ-साथ कोई कार्य भी सपन किया करे। इस समस्या पर श्रम करना बिल्कुल निरर्थक है। पुराने जमाने में, घासवर मध्य युग में, लोगों ने इस समस्या के हल पर बहुत ही सर धपाया और “चिर चलित” (सातीनी में पेरपेतुम मोबीले, *perpetuum mobile*) के आविष्कार में बहुत ही श्रम और समय बरबाद किया। ऐसा चलित प्राप्त करना सस्ते धातुओं से सोना बनाने की कला से भी अधिक आकर्षक था।

पुश्किन न अपने “सामतवालीन शूरवीरो के जीवन से कुछ दृश्य” में एक ऐसा ही सपना देखने वाले व्यक्ति बेरतोल्द का चित्रण किया है

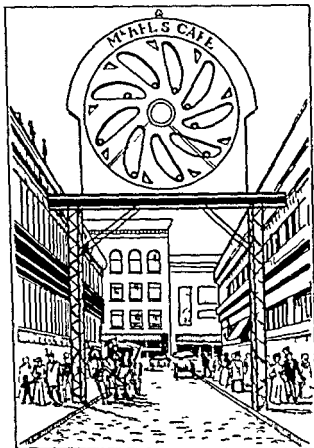
“—*perpetuum mobile* क्या है? —मार्टीन ने पूछा।

“—*perpetuum mobile* —बेर्तोल्द उसे बताता है,— शाश्वत गति है। यदि शाश्वत गति बना सकूँ, तो फिर मनुष्य की सृजनात्मक शक्तियों की कोई सीमा नहीं रह जायेगी देखो, मेरे अच्छे मार्टीन! स्वर्ण बनाना आदपक काम है, मनोरंजक भी और फायदेमद भी, पर *perpetuum mobile* ढूँढ लेना अरे’।

सकड़ो ‘चिर चलित’ सोच-मोच कर निकाले जा चुके हैं, पर उनमें से एक भी चला नहीं। आविष्कारक हर बार, जैसा कि हमारे उदाहरण में हुआ था, कोई न कोई छोटी सी चीज भूल जाया करता था, या ध्यान नहीं देता था, जिससे उसकी योजना भंग हो जाती थी।

यह रहा चिर चलित का एक और नमूना चक्के में भारी गोलियाँ हैं जो नीचे की ओर लुढ़का करती हैं (चित्र 45)। आविष्कारक ने

¹ इस प्रकार की प्रणालियाँ आधुन प्रमेय की सहायता से निरूपित होती हैं।



चित्र 46 लोअ-एँजेल्स शहर (वॅलीफोनिया) में विज्ञापन के लिये रचा गया मिथ्या शाश्वत चलित्र।

सोचा था कि चक्के में एव तरफ की गोलिया हमेशा केन्द्र से दूर वाली किनारी पर रहेंगी और अपने भार से चक्के को चलने पर विवश करेगी।

जाहिर है कि चक्का घूमेगा नहीं। कारण वही है, जो चित्र 44 में दशित चक्के के साथ था। पर अमेरिका के एक शहर में एक ऐसा ही चक्का बनाया गया। इसका लक्ष्य एक रेस्तरा के लिये खूबसूरत विज्ञापन देना था, ताकि ग्राहका का ध्यान आकर्षित हो (चित्र 46)। यह 'शाश्वत चलित्र' मूल से छिपा कर रखी गयी मशीन से चला करता था, पर

दशको को लगता था कि चक्का दरारो मे रये भारी गोलियो के लुठकने से चल रहा है। एक समय था, जब लोगो को आकर्षित करने के लिये घडीसाज अपनी दुकानो मे ऐसे नक्ली शाश्वत चलित्र रखा करते थे। इन चलित्रो को छुपे हस्तम बिजली से चलाया जाता था।

एक बार एक ऐसे ही विज्ञापन वाने "शाश्वत चलित्र" के कारण मुझे काफी तग होना पडा। मेरे कुछ मजदूर छात्र इससे इतने आश्चर्यचकित थे कि उनपर शाश्वत चलित्र की असभाव्यता के प्रमाणो का कोई असर नही पड रहा था। कचा का लुठक-लुठक कर चक्का चलाना और फिर इसी चक्के से ऊपर उठना—यह दृश्य मेरे तर्कों से अधिक प्रभावशाली निकला। मेरे भाग्य से उस समय छुट्टिया के दिन बिजली नही मिलती थी। मैंने अपने छात्रा को सलाह दी कि वे किसी ऐसे दिन शो-बेस के निकट जा कर देखें। उन्होंने मेरी बात मान ली।

—क्या हाल है चलित्र का, आपने देखा? —मैंने प्रश्न किया।

—नही,—निराश उत्तर दिया उन्होंने।—वह दिखा नही, अखबार से ढका था

ऊर्जा सरक्षण नियम ने पुन उनका विश्वास जीत लिया और इसके बाद फिर कभी खोया नही।

"अडचन"

अनेक हसी स्वशिक्षित आविष्कारक भी 'शाश्वत चलित्र' की मोहक समस्या को हल करने मे लगे थे। ऐसे एक साइबेरियन किसान अलेक्सादर शेग्लोव का चित्रण शेद्रिन के उपन्यास "आधुनिक रमण-वाव्य" के एक पात्र "प्रेजेतोव बाबू" के रूप मे किया गया है। शेद्रिन इस आविष्कारक की कमशाला देखने गये थे, जिसका वणन उही के शब्दो मे प्रस्तुत कर रहे हैं

'प्रेजेतोव बाबू' की उम्र पतिम वष थी, शरीर दुबला पतला चेहरा पीला, आँखे बडी और चित्तनशील, बाल डोरी से गरदन तक लटके हुए। उनकी लकडी की शोपडी काफी बडी थी, लेकिन आधी जगह एक

बहुत बड़े गति-पालक चक्के ने घेर रखा था और इसीलिये हम मुश्किल से भट रहे थे। चक्का तीलिया वाला था। उसकी रिम तछतो को ठोक कर बनायी गयी थी और काफी मोटी, बक्सो जैसी भीतर से खोखली थी। इसी टाली स्थान में 'आविष्कारक' निमित्त यत्र का राज छिपा था। राज कोई घास जटिल नहीं था, बस बालू की बोरिया थी, जो मिलकर एक-दूसरे को सतुलित कर सकती थी। चक्के में एक डडा फँसा था, ताकि वह चलता न रहे।

—हम लागा ने सुना कि आप शाश्वत गति के नियम को व्यवहार में ला रहे हैं? —मैंने बात शुरू की।

—क्या फूँ, पता नहीं,—हिचकिचाते हुए उसने उत्तर दिया,—सगता है, मानों कि

—हम देख सकते हैं?

—क्या कहते हैं? यह तो सोभाग्य है

वह हमे चक्के के पास ले गया, फिर चारों ओर से दिखाया। पता चला कि भागे, पीछे—सब तरफ से चक्का चक्का ही था।

—धूमता है?

—धूमना तो चाहिये। नखरे बर रहा है वसे

—सिटकिनी हटायी जाये?

प्रेजेंटोव ने डडा खींच कर निकाल लिया। चक्का हिला भी नहीं।

—नखरे कर रहा है! —उसने दुहराया,—थोडा जोर लगाना पड़ेगा।

उसने दोनों हाथों से चक्का पकड़ लिया, कुछेक बार ऊपर-नीचे झुलाया और एक जार की पैंग देकर छोड़ दिया। चक्का चल पड़ा। कुछ चक्कर तो उसने काफी तेजी से और बिना किसी बाधा के भाराम से पूरे कर लिये। पर सुनायी दे रहा था, किस प्रकार रेत की बोरिया चक्के की भीतरी दीवारों से घिस रही थी और कसे उनसे छूट-छूट कर गिर रही थी। इसके बाद चक्के का धूमना मद होने लगा। एक चरमराहट की आवाज आयी और इसके बाद वह बिल्कुल रुक गया।

—कोई अडचन लग रही है भीतर,—आविष्कारक ने व्यग्र स्वर

मे समझाया और फिर से दम लगा कर चक्के को एक जोर की पें दी।

पर दूसरी बार भी वही हुआ।

—घषण का हिसाब शायद आपने नहीं लगाया था?

—घषण का भी लगाया था घर्षण है ही क्या? घषण के कारण नहीं, बस, यू ही कभी-कभी तो मन खुश कर देता है, और इसने बाद फिर एक्कम से नखरे करने लगता है, अड जाता है—और बस। जरा ढग का सामान होता चक्का ता इधर-उधर की टुकड़ियों से जाड़-जाड़ कर बना है।”

स्पष्ट है कि वहा सवाल “अडचन या “अच्छी निमाण सामग्री’ का नहीं, बल्कि यत्न व मुख्य विचार की जटिलता का है। चक्का प्रावि प्कारक द्वारा घक्का खाने पर थोडा बहुत चल लेता है, लेकिन जब यह बाह्य-सप्रेपित ऊर्जा घषण के साथ सघष म समाप्त हो जाती है, तो चक्के को रुकना ही पडता है।

उफिम्त्सेव का सचायक

गति के कारण को पता नगाने बगर सिफ उसके बाह्य रूप और ढंके के आधार पर उसे ‘शाश्वत’ कहना गलत होगा। इस बात की सत्यता उफिम्त्सेव द्वारा प्राविष्कृत यांत्रिक ऊर्जा के सचायक से सिद्ध होती है। कूस्की शहर के अ गि उफिम्त्सेव ने एक नये प्रकार के पवनशक्ति-कंड्र का निर्माण किया। इसमे गतिसामक चक्र की तरह के सस्ते “जडत्वोप’ सचायक का इस्तेमाल हुआ था। मग 1920 मे उफिम्त्सेव ने अपने सचायक का एक चक्कीनूमा प्रतिमान तयार किया। चक्की ऊध्व अक्ष पर बाल बैयरिंग के सहारे घूमती थी। यह सब एक चमडे की धैली म रखा था जिसमे से पप द्वारा हवा निवाली जा चुकी थी। चक्की को 20 000 चक्कर प्रति मिनट का आरम्भिक वेग दिया गया और वह 15 दिनों तक इसी तरह घूमती रही। सतही तौर पर देखने वाला व्यक्ति चक्की के अक्ष को देख कर इसे शाश्वत गति का काय-वपन ही कहता, क्योंकि ऊर्जा का कोई स्पष्ट स्रोत सामने नहीं था।

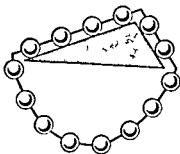
चमत्कार है भी और नहीं भी

“शाश्वत” चलित्तो के पीछे निरर्थक दौड़ ने अनेक लोगो की जिदगी बर्बाद की है। मैं एक भजदूर को जानता हूँ, जो अपनी सारी बचत और तनख्वाह शाश्वत चलित्तो के प्रतिमान बनाने में खच कर दिया करता था। वह अपने असाभव विचारों का बलिदान बन गया था। उसके पास पहनने को कपड़े नहीं होते थे, भूखा रहता था, पर वह लोगो से साधन मांगता था “अंतिम प्रतिमान” के लिये जो “अवश्य ही चलता रहता”। अफसोस होता था कि यह आदमी भौतिकी के आरम्भिक ज्ञान न होने के कारण ही इतनी गरीबी में जी रहा था।

मजे की बात यह है कि “शाश्वत” गति की खोज हमेशा निष्फल रही है, पर उसकी असभाव्यता के गूढ़ गान न अनेक लाभप्रद वैज्ञानिक निष्कर्षों को जन्म दिया है।

इसका एक सुंदर उदाहरण है नत-तलो पर बल-संतुलन के नियम की खोज। खोजकर्ता हालैंड (XVI-वी—XVII-वी शती) के वैज्ञानिक स्टेविन थे। उन्हें इतनी ख्याति नहीं प्राप्त हुई, जितनी होनी चाहिये थी। उन्होंने अनेक महत्वपूर्ण खोजें की, जिनका हम निरंतर प्रयोग करते हैं, जैसे दशमलव भिन्न, बीजगणित में घात का प्रयोग, जल-स्थितिक नियम, जिसकी बाद में पास्कल ने पुन खोज की।

नत-तल पर बल-संतुलन के नियम की खोज स्टेविन ने बल समांतर चतुर्भुज के नियम की सहायता के बिना सिर्फ एक आरूप की मदद से की (दे चित्र 47)। त्रिफलकी प्रिज्म पर 14 मोती की एक माला लटकी है। मोती समान हैं। माला के साथ क्या होगा? नीचे लटके मोती आपस में संतुलन कर लेते हैं। पर माला के अग्र दो भाग एक दूसरे को संतुलन में रखते हैं या नहीं? अग्र शब्दा में दायी ओर के दो मोती बायी ओर के चार मोतियों से संतुलित होते हैं या नहीं? अवश्य हाते हैं, अर्थात् माला निरंतर दायें से बायें सरसरी रहती, क्योंकि आगे बड़े मोतियों की जगह नये मोती आ जाते और संतुलन कभी भी स्थापित नहीं होता। पर हम जानते हैं कि माला उक्त स्थिति में स्थिर रहती है, खुद ब खुद घूमती नहीं रहती, इसीलिये स्पष्ट है कि दायी ओर के दो मोती बायी ओर के चार मोतियों को संतुलित कर लेते हैं। यह एक चमत्कार सा लगता है दो मोती उसी बल से खींच रहे हैं, जिससे कि चार।



चित्र 47 "चमत्कार भी, ग़ौर नहीं भी"।

दूसरे को सतुलित कर लेते हैं, यदि उनका भार तलों की लंबाइयों के समानुपाती होता है।

स्थिति विशेष में, यदि छोटा तल लंबवत घड़ा हो, हम यांत्रिकी का एक विख्यात नियम प्राप्त होता है नत तल पर पिंड को गोक रखने के लिये इस तल की दिशा में ऐसे बल को लगाना चाहिये, जो पिंड के भार से उतना ही गुणा छोटा हो, जितनी तल की ऊँचाई उसकी लंबाई से छोटी है।

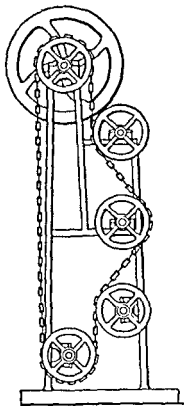
इस प्रकार, शाश्वत चलित्र की असम्भाव्यता के आधार पर यांत्रिकी के एक महत्वपूर्ण नियम की खोज हुई।

कुछ ग़ौर "शाश्वत चलित्र"

चित्र 48 में आप एक भारी चैन देखते हैं, जो चक्को पर इस प्रकार लगा है कि हर स्थिति में उसका दाया भाग बायें से लंबा रहता है। इसी लिये, -आविष्कारक ने सोचा, -दायें भाग को निरंतर नीचे गिरते रहना चाहिये और इससे पूरे यंत्र को चलते रहना चाहिये। क्या यह सही है?

बेशक नहीं। हम अभी अभी देख चुके हैं कि भारी चैन को हल्का चैन सतुलित कर लेता है क्योंकि उह खींचने वाले बल भिन्न कोणों पर कार्यशील हैं। इस यंत्र में बाया चैन लंबवत लटक रहा है और दाया तिरछे लगा हुआ है। इसीलिये दायां चैन भारी होने के बावजूद भी हल्के को नहीं खींचेगा। यहा प्रत्याशित शाश्वत गति प्राप्त नहीं हो सकती।

षष्ठली शती की साठवीं दशाब्दी में एक अत्यन्त चालाक आविष्कारक का 'शाश्वत' चलित्र पेरिस की प्रदर्शनी में दिवाया जा रहा था। चलित्र एक चक्का था जिसमें भारी गोलियां लुढ़कती रहती थीं। आविष्कारक का दावा था कि चक्के की गति को कोई नहीं रोक सकता। दर्शक एक के बाद एक चक्के को रोकने की कोशिश करते थे, पर हाथ हटाते ही चक्का पुनः चालू हो जाता था। किसी को यह शक नहीं होता था कि चक्का दशकों द्वारा रोकने की कोशिश से ही चलता था, रोकने के लिये चक्का पीछे धुमाने से यंत्र में घड़ी की तरह चाबी पड़ जाती थी—स्प्रिंग अत्यन्त सावधानी से छिपा हुआ था।



प्योत्र प्रथम के समय का "शाश्वत चलित्र"

1715-1722 में प्योत्र प्रथम द्वारा लिखे गये पत्र और उनके उत्तर बचे हैं, जिनमें जर्मनी में आविष्कृत एक शाश्वत चलित्र के बारे में बातचीत चल रही थी। आविष्कारक कोई डा औरफीरेउस था। जर्मनी में उसके 'स्वचालित चक्के' के कारण उसे काफी ख्याति मिल रही थी। त्सार¹ से वह काफी बड़ी कीमत ऐंठना चाहता था। विद्वान पुस्तकालयाध्यक्ष शुमाउरे, जिसे प्योत्र ने दुर्लभ वस्तुओं के संग्रह के लिये पारशात्य देशों में भेजा था, औरफीरेउस की मांग के बारे में त्सार को लिखा "आविष्कारक अंतिम मूल्य बता रहा है 100 000 येफीमक² रख दीजिये और मशीन ले जाइये।'

चित्र 48 क्या चलित्र शाश्वत है?

¹ अंग्रेजी में "सार"।

² येफीमक—करीब एक स्वल्प मूल्य की पुरानी रूसी मुद्रा इकाई।

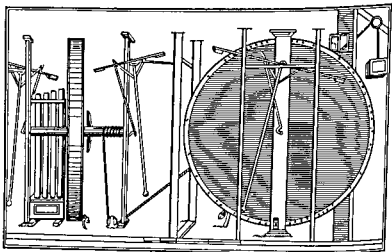
अपनी मशीन के बारे में आविष्कारक का कहना था कि (पुस्तकालयाध्यक्ष के शब्दों में) वह 'सही है और कोई भी उसका मजाक नहीं उड़ा सकता, दुाना की बात दूसरी है और दुनिया ऐसे ही लोगों से भरी है, जिनका विश्वास नहीं किया जा सकता' ।

1725 की जनवरी में प्योत्र इस "शाश्वत चलित्र" को देखने के लिये जमनी जाने वाले थे, पर इसी बीच उनकी मृत्यु हो गयी।

यह आरफीरेउस कौन था और उसकी मशीन कसी थी। इन प्रश्नों पर प्रकाश डालने वाली सूचनाय प्राप्त करने में मुझे कुछ सफलता मिली।

आरफीरेउस का वास्तविक नाम बेस्लेर था। उसका जन्म 1680 में जमनी में हुआ था। उसने ईश्वर विज्ञान, चिकित्सा विज्ञान, चित्रकला आदि का अध्ययन किया और अंत में वह "शाश्वत" चलित्र के आविष्कार में लग गया। ऐसे हजारों आविष्कारकों में सबसे भाग्यशाली आरफीरेउस ही था। मशीन दिखा दिखा कर कमाये पैसे से उसने मृत्यु-पयत आराम की जिदगी बसर की। उसकी मृत्यु सन् 1745 में हुई थी।

चित्र 49 एक पुरानी पुस्तक से लिया गया है। इसमें आरफीरेउस



चित्र 49 आरफीरेउस का स्वचलित चक्का जिसे प्योत्र I खरीदते खरीदते रहे गये। (एक पुरान चित्र से) ।

की मशीन दिखायी गयी है। 1714 में वह ऐसी ही थी। आप एक बहुत बड़ा चक्का देखते हैं, जो माना खुद घुमता रहता था और साथ ही एक बड़ी ऊँचाई तक भारी बोझ भी उठा लेता था।

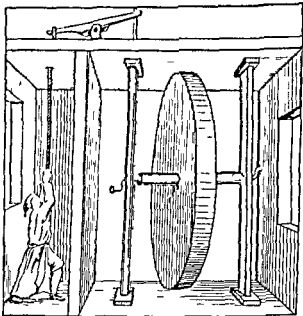
इस अद्भुत आविष्कार की ख्याति, जिसे विद्वान डाक्टर पहले मेला में दिखाया करता था, शीघ्र ही पूरे जर्मनी में फैल गयी। औरफ़ीरेउस ने कई प्रभावशाली व्यक्तियों का बरद-हस्त प्राप्त कर लिया। पोलैंड के राजा ने उससे दिलचस्पी ली, फिर नवाब कासोल-हेगेन ने निमंत्रण दिया। नवाब ने उसे अपने किले में स्थान दिया और हर तरह से मशीन की परीक्षा ली।

उत्साहपूर्ण, 12 नवंबर 1717 को मशीन एक झलक कमरे में चला दी गयी और कमरा ताले से बंद कर दिया गया। दरवाजे पर मूहर लगा दी गयी और दो सेनाध्यक्षों के ऊपर पहरे की जिम्मेवारी हाथ दी गयी। 14 दिनों तक कोई भी कमरे के निकट नहीं गया। सिर्फ 26 नवंबर को सील तोड़ा गया और नवाब अपने दरबारियों के साथ कमरे में घुसे। चक्का उसी गति से चल रहा था। मशीन को अच्छी तरह से देख-सुन लेने के बाद उसे पुनः चालू किया गया और इस बार कमरे को बालिस दिनों तक सील बंद रखा गया। सेनाध्यक्ष पहरा देते रहे। जब 4 जनवरी 1718 को दरवाजा खोला गया, विशेषज्ञ की टोली ने मशीन को चलती अवस्था में पाया।

नवाब को इससे भी मतोप नहीं हुआ। उसने अपना प्रयोग फिर से दुहराया और मशीन दो महीनों तक बंद रखी गयी। अवधि समाप्त होने पर मशीन चालू पायी गयी।

नवाब ने खुश हो कर आविष्कारक को एक प्रमाणपत्र दिया, जिसके अनुसार उसका "शाश्वत चलित्र" प्रति मिनट 50 बार घूमता था, 16 kg भारी वस्तु को 15 मीटर की ऊँचाई तक उठा सकता था, उससे लुहार की भाँपी और छूरी पिँजान का चक्का चल सकता था। औरफ़ीरेउस इसी प्रमाणपत्र को लिये यूरोप में भ्रमण कर रहा था। पैस उसे काफी मिल रहे थे, शायद इसीलिये वह अपनी मशीन 100 000 रूबल से कम में बेचने को तैयार नहीं हो रहा था।

डा औरफ़ीरेउस के इस आश्चर्यजनक आविष्कार की खबर अब जर्मनी के बाहर यूरोपीय देशों में फैलने लगी। वह रुस भी पहुँची। प्योत्र, जो अजीबोगरीब मशीनों का बेहद शौकीन था, इसकी ओर आकर्षित हुआ।



चित्र 50 ओरफ़ीरेउस के चक्के का रहस्य। (पुराने चित्र से)

सन 1715 की अपनी एक विदेश-यात्रा के दरम्यान ही प्योत्र ओरफ़ीरेउस के चक्के के बारे में सुन चुका था। उस समय उसने एक विख्यात राजनीतिज्ञ अ इ ओस्तेरमान के हाथ इस मशीन के अध्ययन का कार्य सौंपा। ओस्तेरमान ने मशीन के बारे में एक सविस्तर प्रतिवेदन लिख कर भेजा, यद्यपि मशीन देखने का सुअवसर उसे नहीं प्राप्त हुआ। प्यात्र, ओरफ़ीरेउस को एक महान आविष्कारक के रूप में अपने यहाँ काम करने के लिये आमन्त्रित करना चाहता था और इसके बारे में उस समय के विख्यात दशनशास्त्री ख्रिस्टियान वोल्फ (लोमोनोसोव के गुरु) का खयाल जानना चाहता था।

विख्यात आविष्कारक को हर तरफ से लाभप्रद आमन्त्रण मिल रहे थे। ऐश्वर्यशाली लोग उस पर दया की वर्षा कर रहे थे, कवि उसकी मशीन के लिये कीर्तिगान लिख रहे थे। लेकिन कुछ ऐसे लोग भी थे, जिन्हें इसमें धोखा दिख रहा था। कुछ साहसी लोग ओरफ़ीरेउस को खुले आम ठग कह रहे थे धोखा सिद्ध करने वाले को 1000 माक का इनाम

ऐलान किया जा रहा था। ओरफ़ीरेउस की ठगी का पर्दाफाश करते हुए किसी पुस्तिका ने एक चित्र छापा, जिसे हम यहाँ दे रहे हैं (चित्र 50)। इसके अनुसार रहस्य सिर्फ यही है कि अच्छी तरह से छिपा हुआ आदमी रस्ती चींचता रहता है। खभे के भीतर चक्के के अक्ष का जो भाग है, उसी पर रस्ती लपेटी गयी है, इसी लिये यह दिखती नहीं।

इतना बारीक घोखा सिर्फ एक संयोग के कारण ही खुल सका। विद्वान डाक्टर का उसकी पत्नी और नौकरानी के साथ झगडा हो गया। उन्हें डाक्टर की मशीन का रहस्य मालूम था। यदि यह झगडा नहीं होता, तो शायद हम आज भी इस "शाश्वत चलित्र" के रहस्य को नहीं समझ पाते। ज्ञान हुआ कि "शाश्वत चलित्र" सचमुच में छिपे आन्मिया के अंग में गणिमान रहता था, जो छिपे-रुस्तम रस्ती चींचा करते थे। ये लोग थे— डाक्टर का भाई और उसकी नौकरानी।

महाभोर होने पर भी आविष्कारक ने हार नहीं मानी, वह मरने तक मही दुहराता रहा कि झगडे के कारण उसकी पत्नी और नौकरानी ने उस पर लाछना लगाया है। लेकिन उस पर से लोगा का विश्वास खत्म हो चुका था। प्योत्र के दूत शुमाखेर को वह यू ही नहीं कहा करता था कि लोग बुरे हैं और "दुनिया ऐसे ही लोगों से भरी है, जिनका विश्वास नहीं करना चाहिये"।

प्योत्र प्रथम के समय ही जर्मनी में एक और "शाश्वत चलित्र" था। आविष्कारक का नाम था हेर्टनेर। इस मशीन के बारे में शुमाखेर ने लिखा था श्रीमान हेर्टनेर का Perpetuum mobile जिसे मैंने ड्रैस्टेन में देखा, कपडे का घना है। उस पर बालू रखा है। मशीन का रूप छूरी पिजाने वाले चक्के की तरह है और अपनी जगह से आगे-पीछे घूमता रहता है। श्रीमान इन्वेटर (आविष्कारक) के शब्दों में, वह काफी बडा नहीं किया जा सकता"। इसमें कोई शक नहीं कि यह चलित्र भी लक्ष्य से बहुत दूर था। उसे अच्छा सोच-समझ कर बनाया गया था, लेकिन वह भी "शाश्वत" चलित्र नहीं था। शुमाखेर बिल्कुल सही था, जब उसने प्योत्र को लिखा कि अंग्रेज और फ्रांसीसी विद्वान 'इन सारे पेरपेतुउम मोबीले को कोई महत्व नहीं देते और कहते हैं कि यह गणितीय सिद्धांतों के विरुद्ध है"।

द्रव और गैस के गुण

दो केतलियों से संबंधित प्रश्न

आपके सामने समान चौड़ाई की दो केतलियाँ हैं एक कुछ ऊँची है, दूसरी - कुछ नीची। किसमें अधिक पानी अटेगा ?



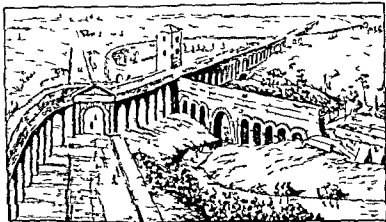
चित्र 51 किस केतली में अधिक पानी ढाला जा सकता है।

बहुत से लोग शायद बिना कुछ साचे-समझे कह देंगे कि ऊँची केतली में अधिक अटेगा। यदि आप ऊँची केतली में कोई द्रव ढालना शुरू करेंगे, तो देखेंगे कि टाटी की ऊँचाई से अधिक नहीं ढाल सकते, द्रव गिरने लगगा। चूँकि दोनों केतलियों में टोटियों के छेद समान ऊँचाई पर स्थित हैं, बड़ी केतली में उतना ही द्रव अटेगा, जितना छोटी में।

यह स्पष्ट है, क्योंकि केतली और उसकी टाटी में द्रव का स्तर समान ऊँचाई पर होगा। जुड़े बरतनों में यही होता है। टोटी में स्थित द्रव का भार केतली के द्रव से काफी कम होता है, फिर भी द्रव के स्तरों की ऊँचाईयाँ दोनों जगह समान होती हैं। यदि टाटी पर्याप्त ऊँची नहीं है, तो आप केतली को द्रव से किसी भी तरह नहीं भर सकते हैं। पानी टोटी से गिरने लगेगा। इसीलिये टोटी अक्सर केतली की किनारी से कुछ ऊँची ही रखी जाती है, ताकि केतली को थोड़ा ही झुकाने पर पानी न गिरने लगे।

प्राचीन काल में क्या नहीं जानते थे

प्राचीन रोम के निवासी आज भी प्राचीन काल में निमित्त पत्र-संचारी नाले के भ्रवणपा का उपयोग करते हैं। रोमन गुलामों का बनाया नाला बहुत ही टोस पा।



चित्र 52 प्राचीन रोम की जल प्रदाय प्रणाली का आरम्भिक रूप।

पर गुलामा के काम का नेतृत्व करने वाले रोमन इंजिनियरों का मान इतना ठोस नहीं था, बिल्कुल साफ है कि वे भौतिकी के नियमों से अनभिज्ञ थे। म्युनिख में स्थित जर्मन संग्रहालय से लिये गये इस चित्र को देखें (चित्र 52)। आप देखते हैं कि रोमन पन-नाला जमीन के भीतर नहीं, पत्थर के ऊँचे खम्भों पर रखा जाता था। ऐसा क्यों? क्या आज की तरह जमीन में जलनली बिछाना सरल नहीं होता? बेशक, यह सरल होता, पर उस समय के रोमन इंजिनियरों को संचारी (जुडे) बरतनों के नियम का पर्याप्त ज्ञान नहीं था। उन्हें डर था कि अत्यंत लंबे नलों से जुड़े जलाशयों में जल का स्तर समान नहीं रहेगा। यदि पार्श्व जमीन की प्राकृतिक ढलानों पर बिछाये जायें, तो कहीं-कहीं पर पानी को ऊपर की दिशा में बहना होगा। रोमनों को यही डर था कि पानी ऊपर नहीं बहेगा। इसीलिये वे पानी नलों को उनके पूरे पथ पर समतल चुकाव देते थे (और इसके लिये या तो नलियों को घुमा फिरा कर ले जाना पड़ता था या फिर ऊँचे खम्भों पर बिछाना पड़ता था। रोमन पाइपों में स एच, आक्वा माशिया, करीब 100 km लंबा है, जबकि उसके छोरों के बीच की सीधी दूरी दुगुनी कम है। पत्थर का पचास किलोमीटर लंबा पुल बनाना पड़ा, सिर्फ इसलिये कि भौतिकी के सरल नियमों का ज्ञान नहीं था।

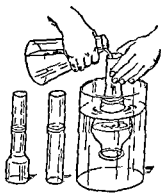
द्रव का दबाव ऊर्ध्वमुखी।

द्रव नीचे बरतान के तल पर और बगल में दीवारों पर दबाव डालता है—यह वे भी जानते हैं, जिन्होंने कभी भौतिकी का अध्ययन नहीं किया है। लेकिन बहुतों को शक भी नहीं होता होगा कि द्रव ऊपर की दिशा में भी दबाव डालते हैं। साधारण सालटेन के शीशों की मदद से यह सिखाया जा सकता है। गत्ते से एक वृत्त काट ल, जो सालटेनो शीशों का एक मुँह बंद कर सके। उससे मुँह बंद कर के चित्र 53 की भाँति शीशों को पानी में डुबायें (बंद मुँह नीचे होना चाहिये)। वृत्त नीचे न गिर जाये, इसलिये उसे या ता उगली से दबा कर रखें या उसके केंद्र से बड़ी डारो द्वारा पकड़े रहें। शीशों को एक विशेष गहराई तक डुबा लेने पर आप देखें कि वृत्त खुद अपनी जगह पर चिपका रह सकता है, उसे उगली या धातु से पकड़े रहने की आवश्यकता नहीं है। पानी नीचे से ऊपर की ओर दबाता हुआ उसे अपनी जगह पर चिपका देता है।

आप इस ऊर्ध्वमुखी दबाव को नाप भी सकते हैं। शीशों में सावधानी से पानी डालना शुरू करें। जैसे ही शीशों के भीतर पानी का स्तर बाहरी



चित्र 53 द्रव नीचे से ऊपर की ओर दबाता है—यह देखने का आसान तरीका।



चित्र 54 पेंदे पर द्रव का दबाव सिर्फ पेंदे के क्षेत्रफल और द्रव स्तर की ऊँचाई पर निर्भर करता है। चित्र में दिखाया गया है कि इस नियम की जाँच कैसे की जाये।

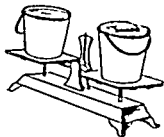
पानी के बराबर हो जायेगा, गत्ते का द्रव नीचे गिर जायेगा। इसका अर्थ है कि गत्ते पर नीचे से पड़ने वाला दबाव ऊपर से पड़ने वाले शीशे में स्थित जल-स्तम्भ के दबाव द्वारा संतुलित हो जाता है (जल-स्तम्भ की ऊँचाई उतनी ही है, जितनी गहराई पर गत्ते का द्रव है)। द्रव में डूबे किसी भी पिंड पर दबाव पड़ने का यही नियम है। द्रव में भार का लोप, जिसके बारे में आर्कमिडिस ने बताया था, इसी ऊर्ध्वमुखी दबाव के कारण होता है।

यदि आपने पास समान छेद वाले, पर भिन्न आकार के शीशे हो, तो द्रवा से सबधित आप एक और नियम की जांच कर ले सकते हैं। नियम यह है बरतन के पेंदे पर द्रव का दबाव सिर्फ पेंदे के क्षेत्रफल और द्रव स्तर की ऊँचाई पर निर्भर करता है, बरतन के आकार पर नहीं। जाँच यही है कि आप लालटेन के भिन्न आकार वाले शीशों के साथ ऊपरोक्त प्रयोग दुहराते हैं। सिर्फ सभी शीशा को द्रव में एक ही गहराई तक डुबाना होगा (और इसके लिये आपको शीशा पर पहले से ही समान ऊँचाइयों पर कागज के पट्टे चिपका लेने होंगे)। आप देखेंगे कि हर बार गत्ता तभी गिरता है, जब शीशों में पानी की एक विशेष ऊँचाई होगी। यह ऊँचाई सभी आकार वाले शीशों के लिये समान होगी (चित्र 54)। इसका मतलब यही है कि भिन्न आकार वाले जल-स्तम्भों का दबाव समान होगा, यदि उनकी ऊँचाइयाँ और उनके आधार के क्षेत्रफल समान होंगे। इस बात पर विशेष ध्यान दें कि यहाँ स्तम्भों की लंबाई नहीं, बल्कि ऊँचाई का महत्त्व है, क्योंकि लंबाई पर तिरछा शुद्ध हुआ स्तम्भ उतना ही दबाव डालेगा, जितना उसी ऊँचाई का सीधा खड़ा छोटा स्तम्भ डालता है (यदि उनके आधार बराबर हैं)।

कौनसा पलड़ा भारी है?

तराजू के एक पलड़े पर पानी से लबालब भरी बाल्टी रखी है। दूसरे पर भी पानी से लबालब भरी वैसी ही बाल्टी है, पर उसमें लकड़ी का एक टुकड़ा तर रहा है (चित्र 55)। कौन-सा पलड़ा अधिक भारी होगा?

मैंने यह प्रश्न कई अलग-अलग लोगों से किया और उत्तर भी अलग-अलग ही मिला। कुछ लोगों ने जवाब दिया कि लकड़ी वाली बाल्टी अधिक भारी होगी, क्योंकि उसमें “पानी के सिवा लकड़ी का टुकड़ा भी है”।



चित्र 55 दोनो बाल्टिया समान हैं और पानी सवालब भरा है, एव में सक्डी का टुकडा तैर रहा है। कौन अधिक भारी होगा।

ठीक उतना द्रव (भार के दृष्टिकोण से) विस्थापित करता है, जितना पूरे पिंड का भार होता है। इसीलिये तराजू सतुलन की अवस्था में रहेगा।

अब एक दूसरा प्रश्न हल कर। एक पलड़े पर अगल-बगल एक बाट और एक गिलास में थोड़ा पानी रख देता हूँ। जब दूसरे पलड़े पर आवश्यक बाट रख कर तराजू सतुलित कर लेता हूँ, गिलास के बगल में रखा बाट गिलास में डाल देता हूँ। तराजू के सतुलन का क्या होगा ?

आर्कमिडिस के नियमानुसार बाहर से उठा कर पानी में रखने से बाट हल्का हो जाता है। अत उम्मीद की जा सकती है कि गिलास वाला पलड़ा ऊपर उठ जायेगा। पर ऐसा होता नहीं। कैसे आप यह समझायेंगे ?

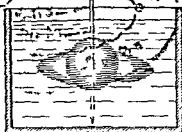
गिलास में आकर बाट पानी का कुछ भाग विस्थापित कर देता है, जिसके कारण गिलास में पानी का स्तर कुछ ऊपर उठ आता है। जल स्तम्भ की ऊंचाई में वृद्धि गिलास के पेंदे पर पडने वाले दबाव में वृद्धि ला देता है, जो बाट के भार में ह्रास के बराबर होता है।

द्रव का स्वाभाविक रूप

हम सोचने के आदी हो गये हैं कि द्रवों का अपना कोई रूप नहीं होता। यह गलत है। द्रव का स्वाभाविक रूप है गोला। अक्सर गुरुत्व भार द्रवों को गोले का रूप नहीं धारण करने देता। द्रव या तो तल पर पतली परत के रूप में फैल जाता है या बरतन का रूप धारण कर लेता है (यदि

दूसरो ने बनाया कि सक्डी के टुकडे वाली बाल्टी हल्की होगी, " क्योंकि सक्डी पानी से हल्की होती है"।

दोना ही उत्तर गलत है दोनों बाल्टियों का भार समान होगा। यह सच है कि दूसरी बाल्टी में पानी की अपेक्षा कम पानी है, क्योंकि तस्ता हुआ सक्डी का टुकडा पानी का कुछ आयतन विस्थापित कर देता है। पर प्लवन के नियम के अनुसार तस्ता हुआ पिंड द्रव में डुबे हुए अपने भाग द्वारा



चित्र 56 पानी और स्पिरिट के मिश्रण में तेल न डूबता है, न तैरता है—वह गोले का आकार ग्रहण कर लेता है।

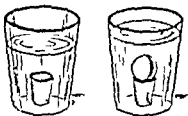
चित्र 57 यदि तैल गोले में पतली छड़ घुसा कर उसे मिश्रण में तेजी से घुमाया जाये तो उसमें से एक छल्ला अलग हो जाएगा।

उसमें डाला जाये)। यदि द्रव को उसी विधिष्ट भार वाले दूसरे द्रव में डाला जाये, तो आकमेडिस के नियम के अनुसार वह अपना भार "छो" देता है, जैसे उसका भार हो ही न। गुरुत्व उस पर कार्य नहीं करता और तब इस हालत में द्रव अपना स्वाभाविक गोलाकार रूप धारण करता है।

जतून का तेल पानी में तैरता है, पर स्पिरिट में डूब जाता है। इस लिये पानी और स्पिरिट का ऐसा मिश्रण तयार किया जा सकता है, जिसमें जतून का तेल न तो डूबेगा और न ही तरेगा। ऐसे मिश्रण में सुई देने वाली पिचकारी द्वारा थोड़ा तेल डाला जाये, तो एक विचित्र बात नजर आयगी तेल एक बड़ी गोल बूद का रूप धारण कर लेगा, जो न डूबेगी, न तरेगी, मिश्रण में गतिहीन लटकी रहेगी¹ (चित्र 56)।

प्रयोग बहुत धीरज व सावधानी के साथ करना चाहिये अथवा एक बड़ी बूद के बदले कई नही बूदे बन जायेंगी। वैसे, प्रयोग इस रूप में भी रोचक रहेगा।

¹ बूद का गोला विवृत रूप में न लिखे, इसके लिये शीशे की समतल दीवारों वाला बरतन लेना चाहिये (या बरतन किसी भी आकार का ले लीजिये, पर उसे पानी से भरे समतल दीवारों वाले बरतन के भीतर रखिये)।



चित्र 58 प्लेटो का प्रयोग का सरनीकरण

भीतर ही होता चाहिये।) पूर्णन के प्रभाव से गोला पहने थोड़ा चपटा होना शुरू कर देता है, और फिर कुछ सेकंड बाद उसमें एक छल्ला सा भ्रम हो जाता है (चित्र 57)। छल्ला अनियमित रूप वाले टुकड़ा में नहीं टूटता। उसमें नहीं छोटी छोटी गोल बूंदें बन जाती हैं, जो बड़े वाले गोले के चारों तरफ घूमना शुरू कर देती हैं।

इस शिक्षाप्रद प्रयोग को प्रथमतः बेल्जियन भौतिकविद् प्लेटो ने किया था। हमने उनके प्रयोग का उसी रूप में प्रस्तुत किया है। उसका अधिक सरल और कारगर रूप निम्न है। एक नहा गिलास पानी से खगाल लेते हैं और उसमें जतून का तेल भर कर उसे एक बड़े गिलास में रख देते हैं। बड़े गिलास में सावधानीपूर्वक इतना स्पिरिट डालते हैं कि छोटा गिलास डूब जाये। अब चम्मच से बड़े गिलास में दीवार के सहारे थोड़ा थोड़ा कर के पानी डालते हैं। छोटे गिलास में तेल का ऊपरी तल उन्नत होने लगेगा और तेल धीरे धीरे गोले का रूप धारण करता हुआ छोटे गिलास से ऊपर उठ आयेगा और बड़े गिलास में बने पानी और स्पिरिट के मिश्रण में लटका रहेगा (चित्र 58)।

यदि स्पिरिट न हो, तो ऐनिलिन के साथ भी प्रयोग कर सकते हैं। यह एक ऐसा द्रव है, जो साधारण तापक्रम पर पानी से भारी होता है और $75-85^{\circ}\text{C}$ पर उससे हल्का होता है। पानी में उसे डाल कर यदि गम किया जाये, तो एक बड़ा गोले का रूप धारण कर लेगा। कमरे के तापक्रम पर ऐनिलिन की बूंद नमक के घोल में सतुलित की जा सकती है।¹

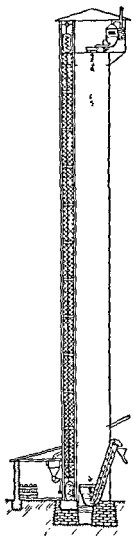
¹ दूसरे द्रवों में सुविधाजनक आर्थोतोलाइडीन रहेगा। यह गान् लाल रंग का द्रव है 24° पर इसका घनत्व उतना ही होता है, जितना नमकीन पानी का, जिसमें इस द्रव को डालते हैं।

छर्रे गोल क्यों होते है ?

अभी बताया गया कि कोई भी द्रव भारहीनता की अवस्था में अपना स्वाभाविक गोलाकार रूप धारण कर लेता है। इसके पहले कहा गया था कि गिरता हुआ पिंड अपना भार छो देता है और उसके गिरने के विलुप्त शुरु में हवा का प्रतिरोध नगण्य होता है¹। इन सब बातों को यदि ध्यान में रखेंगे, तो फौरन समझ जायेंगे कि स्वतंत्र गिरते हुए द्रव का रूप गोल होना चाहिये। वर्षा की गिरती बूँदें गोल ही होती हैं। छर्रे और कुछ नहीं, बल्कि पिघले सीसे की बूँदें हैं, जिन्हें कारखाना की विधि के अनुसार एक बड़ी ऊँचाई से ठंडे पानी के टब में गिराया जाता है। यहाँ वे बिल्कुल गोलाकार रूप धारण किये जम जाती हैं।

इस विधि द्वारा ढाला गया छर्रा "मीनारी" कहलाता है, क्योंकि उसे छर्रे की ढलाई करने वाले मिनार से पिघली बूँदों के रूप में गिराया

¹ वर्षा की बूँदें त्वरित गति से सिर्फ गिरने के आरंभ में ही चलती हैं, लगभग आधे सेकंड के बाद से ही उनकी गति समरूप हो जाती है। सभी बूँदें हवा की प्रतिरोधक शक्ति द्वारा सतुलित हो जाती हैं (हवा का प्रतिरोध बूँदों की गति के बढ़ने के साथ साथ बढ़ता है)।



चित्र 59 छर्रे बनाने के लिये मीनार

जाता है (चित्र 50)। मारग्राना में छरों की ढलाई करने वाला मीनार घातु का बना होता है और 45m ऊँचा होता है। सबसे ऊपर ढलाई की जाती है, यहाँ बड़ा म मीनार पिघलाया जाता है। नीचे ठण्ड पानी का टब होता है। यहाँ म मार छरों की चुनाई बिनाई होती है। पिघल सोन की बूंदे गिरते यका रात म ही जम कर छरों म बनत जाती है। पानी उनवे गाल मारार को चोट से विवृत नही होते देता। (6mm से अधिक ध्यास याने छरें दूसरी विधि से बनाये जाते हैं तार को छोटे-छोटे टकड़ों मे काट कर उन्हें गोलाकर बेस दिया जाता है।)

“मपाह” गिलास

मपाने गिलास पानी से समालय भर दिया है। गिलास के पास पिन पड़े हैं। क्या गिलास म एक-दो पिन के लिये जगह बन सकती है? कोशिश कर के देखें।

गिलास मे एक-एक कर पिन डालना शुरू करे और उन्हें गिरते जायें। डालिये देख-गुन कर सावधानी से पानी मे पहले नोक डुबायें, फिर बिना दबाय डाले या ठोकर दिये पिन को हाथ से छोड दें, ताकि हिचकोले से पानी छलके नही। एक पिन पेदे पर गिर चुका है, दूसरा, तीसरा,

पानी की सतह ज्या की त्या है। दस, बारह, तेरह पानी गिरता नही है। पचास, साठ, सत्तर पूरे सौ पिन पेदे पर गिर चुके हैं, पर गिलास का पानी नही गिरता (चित्र 60)।



चित्र 60 पानी भरने गिलास मे पिनो को डालने का प्रयोग।

पानी गिरेगा क्या, वह उठा भी नही है गिलास मे। पिन डालना जारी रखें। दो, तीन, चार सौ पिन गिलास मे म्रा चुके हैं, पर पानी गिरने का नाम नही लेता। लेकिन अब मप देख सकते हैं कि पानी की सतह फूल गयी है और गिलास की कोर से काफी ऊपर उठ म्रायी है। इस जटिल परिघटना का सारा रहस्य इसी फूलने मे है। शीशे की सतह यदि थोडी भी तलीय

हो, तो पानी शोशे को नहीं भिगोता। जसा कि हमारे द्वारा व्यवहार में लाये जाने वाले सभी बरतनो के साथ होता है, गिलास के कोरों पर भी उगलिया की तैलीय छाप रह जाती है। पिनो द्वारा विस्थापित जल कोर को भिगोता नहीं और इसीलिये ऊपर उठने के साथ-साथ उन्नतोदर सतह बना देता है। देखने पर सतह अधिक् फूला हुआ नहीं लगता, पर यदि आप बेलन द्वारा एक पिन का आयतन ज्ञात करने का श्रम करेंगे और उसकी तुलना गिलास के कोर से ऊपर उठे पानी की उत्तलता के आयतन के साथ करेंगे, तो आपको विश्वास हो जायेगा कि पिन का आयतन पानी की उत्तलता के आयतन से सकोड़ गुना कम है और इसीलिये “भरे” गिलास में कुछेक सौ पिन और भेंट जायेंगे। बरतन जितना ही चौड़ा होगा, उसमें पिन भी उठने ही अधिक भेंटेंगे, क्योंकि फुलावट का आयतन इस स्थिति में और अधिक होगा।

स्पष्टता लाने के लिये मोटा-मोटी हिसाब लगायें। पिन की लंबाई करीब 25 mm है और मुटाई आधा मिलिमीटर। ऐसे बेलन का आयतन ज्यामिति के जाने-महचाने सूत्र $\left(\frac{\pi d^2 h}{4}\right)$ की मदद से ज्ञात करना कठिन नहा है, वह 5 घन मिलिमीटर के बराबर होगा। सिर समेत पिन का आयतन 5.5 mm से अधिक नहीं होगा।

अब गिलास के कोर से ऊपर उठे पानी की परत का आयतन ज्ञात करते हैं। गिलास का व्यास 9 cm = 90 mm है। यदि ऊपर उठे पानी की परत 1 mm माटी है, तो उसका आयतन 6400 mm³ होगा। यह पिन के आयतन से 1200 गुना अधिक है। श्रय शब्दा में, “पूरी तरह भरे” गिलास में हजार से ज्यादा पिन डाले जा सकते हैं। और सचमुच में, सावधानी से डालते हुए आप गिलास में हजार पिन डुबा दे सकते हैं। देखने पर लगेगा कि गिलास में पिन ही पिन हैं, गिलास से अधिक भी लग सकते हैं, पर पानी की एक बूद भी नहीं गिरेगी।

किरासिन की विलचस्प खूबी

जो किरासिन की लालटेन व्यवहार में लाते हैं, उन्हें उसकी एक अवाञ्छित विशेषता का पता होगा। आप लालटेन की टकी में तेल भर देते

हैं और बाहर से पोछ-याछ कर बिल्कुल सुखा देते हैं। एक घंटे बाद देखते हैं कि ऊपर से वह पुन गीला है।

इसका अर्थ है कि आपने ठेपी अच्छी तरह घुमा कर बद नहीं की होगी। किरासिन भीतरी दीवारा पर फलता हुआ बाहर निकल आता है और बाहरी दीवारा पर फैल जाता है। यदि आपको इस तरह के "भजक" पसंद नहीं हैं, तो ठेपी कस के घुमा कर बद कीजिये।¹

किरासिन का इस तरह रिसना उन जहाजों पर अच्छरता है, जिनकी मशीन किरासिन (या पेट्रोल) से चलती है। यदि रिसना रोकने के लिये विशेष व्यवस्था न हो, तो ऐसे जहाजों में किरासिन या पेट्रोल के सिवा और कोई सामान नहीं ढोया जा सकता, क्योंकि ये द्रव सिर्फ पीपे और कनस्तरा के बाह्य सतह तक ही पसरना सीमित नहीं रखते। ये हर जगह प्रविष्ट हो जाते हैं और जो भी चीज इन के संपर्क में आती है, उसी पर हावी हो जाते हैं, यात्रियों के कपडे तक इनसे छूटे नहीं बचते। और जाहिर है कि इन सब चीजों को ये अपना गंध भी प्रदान करते जाते हैं, जिसे नष्ट करना एक असम्भव सा काम है। इस के साथ सघष अन्तर बवार सिद्ध होता है।

अंग्रेज "यग्यकार जेरोम ने "एक नाव में तीन" नामक पुस्तक में किरासिन पर कोई अतिशयोक्ति नहीं की है

मैं नहीं जानता कि किरासिन से अधिक कोई चीज फलने में माहिर है। हमने उसे नाव की नाक के पास रखा और वह दुम तक पहुँच गया। उसके रास्ते में जो भी चीज आयी, उसने अपनी गंध में लपेट लिया। जोड़ों से रिसता हुआ वह पानी में पहुँच गया, वह हवा से लेकर आकाश तक को दूषित कर रहा था। सवत्र जीवन को विषाक्त कर रहा था। किरासिनी हवा बह रही थी, कभी पश्चिम से, तो कभी पूरब से कभी-कभी उत्तरी किरासिनी हवा भी बहती

¹ पर ठेपी कस कर बद करते वक्त यह न भूले कि टकी लबालब नहीं भरी होनी चाहिये। गम करने पर किरासिन का आयतन काफी बढ़ता है (100°C तापक्रम बढ़ाने पर आयतन का लगभग दसवा भाग)। किरासन के आयतन प्रसार के लिये जगह छोड़नी चाहिये ताकि टकी फटे नहीं।

थी, या शायद दक्षिणी, पर चाहे हिमाच्छादित प्राकटिक स चली हो या मरुभूमि की रग म पदा हुद हा, निराग्नि की मुग्ध स धीन प्रीन यह हमशा हम तक पहुँच जाती था। शमा को यह गुग्गु सूयाम्ब के मौन्य को नाश करन मे लग जाती थी, और चद्र निरणें तिफ निराग्निन बरसाया करती था पुल के पास नार बाघ बर शहर का चक्कर लगाने घने, पर इस भयानक गध न हमारा पीछा नहीं छोडा। सगता था जैसे मारा शहर इसमे टूटा हो।' (दर भतन यात्रियो व वपडे इस गध मे डूबे हुए थे।)

टकिया के बाह्य तन को भिगोने के गुण ने सागो में गनतफहमी ला गी थी कि किग्गिन घातु और शोशे के प्रार-गार जा मवना है।

पानी मे नहीं डूबने वाला सिक्का

सिफ किम्सों मे नही होना। ऐसा सिक्का सचमुत म है। कुछ सरल प्रयोगा से ही आपको यह विश्वास हा जायेगा। कुछ छोटी वस्तुओ से शुरू करते हैं। शायद आपको लगे कि इस्पात की मुई को पानी के तल पर तराया नही जा सकता, पर यह बहुत अमान है। पानी के तल पर जीगु-पेपर (महीन सिगरेटी कागज) का टुकटा रख दें और इम पर—विल्कुल सूधी मुई। अब सावधानीपूर्वक मुई व नीचे से सिफ कागज हटाना रह जाता है। यह इस प्रकार करते हैं एक दूसरी मुई या आलपीन मे लैस हो कर कागज के टुकडे को एक तिनारी से पानी मे डुबाना शुरू करते हैं। जब टुकडा पूरी तरह भीग जायगा, वह पानी के अदर चला जायेगा और मुई तैरती रहेगी (चित्र 61)। चुबक निवट ला कर आप मुई को मनचाही दिशा म घुमा फिरा सकते हैं।

विशेष अभ्यास के बाद कागज की भी जरूरत नही पडनी मुई को बीच से पकड कर क्षतिजावस्था मे पानी के तल पर गिरा दे सकते हैं, वह तरती रहेगी।

मुई की बजाय आप पिन को तैरा सकते हैं (ये चीजें 2 mm से अधिक मोटी नहा हानी चाहिये), या फिर हल्के फुल्के बटन छोटी चौरस घातुड वस्तुओ आदि व साथ भी यह प्रयोग कर सकते हैं। इन चीजो के



चित्र 61 पानी पर तरता सुई।
 ऊपर—सुई का अनुप्रस्थकाट (2 mm चौड़ा) और सुई के कारण पानी में उसे गड्ढे का सही सही रूप (चित्र दुगुने आकार का है)।
 वायें—सुई को पानी की सतह पर तराने की विधि।

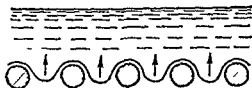
साथ अच्छा धम्यास हो जाने पर छोटे सिक्के को तराने की कोशिश कीजिये।

इन धातुई वस्तुओं के नहीं डूबने का कारण यह है कि पानी हमारे हाथ में आयी धातु की वस्तुओं को भिगोने में असमर्थ होता है, क्योंकि हमारे हाथों में लगे तैलीय पदार्थ उनपर महीन झिल्ली के रूप में छा जाते हैं। सुई को पानी भिगो नहीं सरता, इसीलिये सुई के गिद पानी के तल पर गड्ढा सा बना दिखता है (दूसरे शब्दों में, पानी तैलीय सुई से चिपक नहीं सकता, उसमें थोडा अलग ही रहता है)। द्रव में सतह की झिल्ली सीधी होने की प्रवृत्ति रखती है और इसीलिये सुई पर नीचे से दबाव डालनी है। सुई इसी दबाव के कारण तल पर टिकी रहती है। प्लवन नियम के अनुसार द्रव में ऊपर धकेलने वाला बल भी सुई को तल पर टिके रहने में मदद करता है सुई द्वारा विस्थापित जल के भार के बराबर का बल सुई को ऊपर की ओर धकेलता है।

सुई को पानी पर तराना और आसान होगा, यदि आप उस पर तेल मल लें। इस स्थिति में आप सुई को सीधे पानी के तल पर रख दे सकते हैं, वह डूबेगी नहीं।

घलनी में पानी

घलनी में पानी भर कर लाना भी सिर्फ बिस्ती की बात नहीं है। प्राचीन काल से ही असंभव माने जाने वाले इस काम को भौतिकी के ज्ञान से सफलतापूर्वक संपन्न किया जा सकता है। इसने विद्ये महीन तार का



चित्र 62 पराशीन में भीगी चलनी से पानी क्या नहीं घूता।

बनी करीब 15 cm चौड़ी चलनी ले। इसने छेद बहुत बड़े नहीं होने चाहिये— करीब 1 mm के हो, तो काम चल जायेगा। इसे गम पिघले पैराफीन में डुबा कर निकाल ले तारो को पैराफीन की पतली परत ढक लेगी, पर दिखेगी नहीं (मुखिल से दिखेगी!)। चलनी चलनी ही रहेगी, अर्थात् उसने छेद बंद नहीं हो जायेंगे—यह आप मुई की मदद से जांच कर के देख सकते हैं। अब आप इस चलनी में पानी भर सकते हैं। ऐसी चलनी में पानी की पर्याप्त मोटी परत को रोक रखने की क्षमता होती है। पानी छेदा से नहीं गिरेगा, यदि आप सावधानी से पानी ढालेगे और चलनी में ठोकर नहीं लगने देंगे।

पानी क्या नहीं गिर जाता? क्योंकि पानी पैराफीन से चिपकता नहीं (उसे भिगोता नहीं) और इसीलिये चलनी के छेदों के पास महीन झिल्लिया बनाता है, जिनकी निचली सतहें नीचे की ओर उत्तल होती हैं। ये ही पानी को गिरने से रोकती हैं (चित्र 62)।

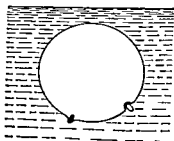
पैराफिन में डुबायी गयी ऐसी चलनी पानी पर रख सकते हैं, उसमें पानी नहीं भरेगा। अब ऐसी चलनी में सिर्फ पानी ही नहीं लाया जा सकता, उसमें बैठ कर उसे नाव की तरह चलाया भी जा सकता है।

उपरोक्त विरोधाभासी प्रयोग अनेक साधारण परिघटनाओं को समझाता है, जिनके हम इतने आदी हो गये हैं कि उनके कारणों के बारे में सोचते भी नहीं। नावों और पीपा पर कोलतार पोतना, ठेपी और कागो पर तलीय पदार्थ लगा देना, तलरगो से रगना, जल-सह बनाने के लिये वस्तुओं की सतह को तलीय कर देना, कपड़े पर खड की महीन परत जमाना—यह सब और कुछ नहीं, बल्कि उपरोक्त प्रकार की चलनी तैयार करना ही है। सार हर जगह एक ही है, सिर्फ चलनी के उदाहरण में बात असाधारण सी लगने लगती है।

फेन से तकनीकी सेवा

इस्पात की गुई घोर ताने के सिक्के को तरान क प्रयोग म मिनता जुलती एव और घटना है, जिम खनिज उद्योगो म अयस्का क सामन क लिये उपयोग करते हैं। साद्रण का अय है अयस्का म निहित बीमती अयस्का की मात्रा अधिक करना। अयस्क-साद्रण की कई तकनीकी विधिया हैं पर जिसके बारे म हम बताने जा रहे हैं, वह सबसे कारगर विधि है, इमका उपयोग उस समय भी सफलतापूर्वक किया जा सकता है जब अय विधिया लक्ष्य सिद्धी के लिये पर्याप्त नहीं होती। इमे "उत्प्लवन विधि" कहते हैं।

उत्प्लवन (अर्थात् तैर कर ऊपर आ जाना) विधि का मार निम्न है। बारीक पिसे अयस्क को पानी और तैलीय पदार्थों स भरे कण्डो म डाला जाता है। तैलीय पदार्थ ऐसे होते हैं, जो मुल्यवान खनिजो के कणों पर महीन झिल्ली के रूप मे छा कर उहे पानी से अलग धेर देने हैं। मिश्रण को हवा के साथ तेजी से मिलाया जाता है जो छोटे छोटे बुलबुला के रूप मे फेन बना लेती है। तेल से चिपटे खनिज-कण इन बुलबुला से चिपक जाते हैं और बुलबुलो के साथ ऊपर उठ जाते हैं (चित्र 63)। बुलबुले यहा गुब्बारे की तरह काम करते हैं। अय बेकार पदार्थों के कण, जिन पर तेल की झिल्ली नहीं है, बुलबुला के साथ नहीं चिपकते, नीचे द्रव मे ही रह जाते हैं। यहा यह ध्यान देने योग्य है कि बुलबुला का आयतन काफी बडा होता है और इसीलिये वे खनिज-कणो को अपने साथ ऊपर उठाने मे समय होते हैं। प्रक्रिया के अंत मे लगभग सारे खनिज-कण फेन के साथ द्रव के ऊपर उठ जाते हैं। फेन अलग करके उससे सामन प्राप्त किया जाता है जिसमे अरभिक अयस्क से दस गुना अधिक बहुभूल्य खनिज होता है।



चित्र 63 उत्प्लवन का कारण।

उत्प्लवन विधि इतनी मखिवरण जात हो चुकी है कि अयस्क म कितना भी बेकार पदार्थ क्या न हो, उमन कोई भी खनिज अलग कर लिया जा सकता है। इसके लिये सिर्फ आवश्यक द्रवा का चयन करना चाहिये।

उत्प्लवन विधि को सिद्धांत ने नहीं जन्म दिया है, एक आकस्मिक तथ्य के ध्यानपूर्वक अवलोकन ने दिया है। पिछली शती के अंत में एक अमरीकी शिक्षिका (करी एवसन) तेल से गदी बोरिया को धो रही थी, जिसमें पहले ताँत्र पायराइट था। उसने ध्यात दिया कि पायराइट के कण साबुन के फेन के साथ ऊपर उठ आते हैं। इसी प्रेक्षण के आधार पर उत्प्लवन विधि का विकास हुआ।

मिथ्या "शाश्वत चलित्र"

विज्ञानवा म एक सच्चे 'शाश्वत चलित्र' के रूप में अक्सर निम्न उपकरण का वर्णन दिया जाता है (चित्र 60) एक बरतन से वाती के सहारे तेल (या पानी) ऊपरी बरतन में पहुँचाया जाता है। फिर दूसरी वातियों की मदद में तल सबसे ऊपरी बरतन में आ कर जमा होता है। इस बरतन में एक छेद होता है जिससे तेल बहता हुआ चक्की की पखुडियों पर गिरता है और चक्की को घुमाने लगता है। यहाँ से बह कर गिरे तेल को पुनः वातियों द्वारा क्रमशः ऊपरी बरतन में पहुँचाया जाता है। इस प्रकार, तेल का छेद से ही बर पखुडियों पर गिरना कभी बंद नहीं होता और इसीलिये चक्की का अनन्त काल तक गतिमान रहना चाहिये

यदि उस घिरनी का वर्णन करने वाले लेखक कभी खुद इस बनाने का प्रयत्न करते, तो वे मान लेते कि चक्की तो क्या घूमगी, ऊपरी बरतन में तेल की एक बूद भी नहीं जमा हागी।

वैस, घिरनी बनाना शुरू किये बगर भी यह सिद्ध किया जा सकता है। आविष्कारक आखिर यह क्यों सोचता है कि तेल वाती के सहारे ऊपर चढ़कर उसके ऊपरी मुँहे सिंघे से चूना शुरू करेगा? केशीय (कपिलरी) आकर्षण द्रव को गुरुत्व बल के विरुद्ध ऊपर चढाता है फिर यही कारण भीगी वाती के पोरो में द्रव को बंदी बनाए रखेगा, वहाँ में चूना नहीं देगा। यदि यह मान ही ल कि हमारी मिथ्या घिरनी के ऊपरी बरतन में द्रव केशीय बल द्वारा लाया जाता है, तो यह भी मानना पडेगा कि वही वातिया तेल को वापस नीचे ले जायेगी।

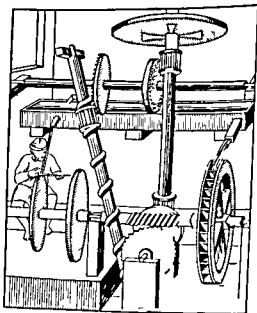
यह मिथ्या शाश्वत चलित्र एक दूसरे जल यंत्र की याद दिलाता है जिसे सन 1575 में एक इटालियन मैकेनिक स्त्राद ज्येष्ठ ने "शाश्वत"



चित्र 64 असफल घिरनी।

स्कू को घुमाता है, जो पानी ऊपर के होज तक ले जाता है। स्कू चक्के को घुमाता है और चक्का स्कू को! यदि ऐसे उपकरण सभव होते, तो उनमे से सबसे आसान होता घिरनी पर रस्ती चढा कर उनके

गति की मशीन के रूप में प्रस्तुत किया था। यह दितचस्प उपकरा चित्र 65 में दिखाया गया है। आक्मेडिम स्कू से घूमता हुआ पानी ऊपरी होज में भरता है और फिर टाटी से धार के रूप में चक्के की पधुट्टिया पर गिरता है। यह चक्का कई दति चक्रों की मदद से छूरी पिजाने वाले चक्के और आक्मेडिम



चित्र 65 छूरी पिजाने की मशीन के लिये जल शाश्वत " चलित की पुरानी योजना।

छोरो से बोझ लटका देना। जब एक बोझ गिरता, तो वह दूसरे को ऊपर उठाता और जब दूसरा गिरता, तो वह पहले वाले को ऊपर उठाता। भ्रष्टा-खासा "शाश्वत" चित्र होता यह।

साबुन के बुलबुले

आपको साबुन के बुलबुले उड़ाना आता है? यह इतना आसान नहीं है, जितना कि लगता है। मुझे भी लगता था कि इसके लिये किसी खास निपुणता की आवश्यकता नहीं है, पर बाद में मानना पड़ा कि सुंदर और बड़े बुलबुले छोड़ना भी अपने ढंग की एक कला है और इसमें माहिर होने के लिये अभ्यास की आवश्यकता है। लेकिन साबुन के बुलबुले बनाने जैसे निरपेक्ष काम से भी कोई फायदा है?

लोगों के बीच इस काम को कोई खास प्रतिष्ठा नहीं प्राप्त है, इस काम में रत लोगों को कोई अच्छी उपमा नहीं दी जाती। पर भौतिकविद् इसका बारे में कुछ और ही कहते हैं। "साबुन का बुलबुला बनाइये, — महान अंग्रेज भौतिकविद् केल्विन ने लिखा है, — और उस पर गौर से देखिये, आप सारी जिदगी उसने अध्ययन में बिता सपत्त हैं। आपको इससे निरंतर भौतिकी का ज्ञान मिलता रहेगा"।

साबुन की महीनतम क्षिल्लियों की सतह पर रंग की माहुर कीड़ा सबमुच में ज्ञानवर्धन का साधन है। उसकी सहायता से भौतिकविद् प्रकाश तरंगों की दीर्घता नाप सकता है। इन सुकुमार क्षिल्लियों की सहायता से अध्ययन से बणिवाओं के पारस्परिक बल की प्रियासीलता का प्रथम शात हो सकते हैं। ये वही ससजक बल हैं, जिनके लुप्त होने पर दुनिया में महान धूल के सिवा और कुछ भी नहीं बचता।

जा चंद प्रयोग नीचे दिये जा रहे हैं, उनका लक्ष्य अभी संशोधन साधनों को हल करना नहीं है। ये सिर्फ मनोरंजन के लिये दिये जा रहे हैं, इनसे साबुनी बुलबुल बनाने की कला का ज्ञान भर ही मिलता है। अंग्रेज भौतिकविद् चार्ल्स डेविस की पुस्तक "साबुन का बुलबुला" में सरहस्रों के अनेक प्रयोग दिये गये हैं। जिन्हें साबुन के बुलबुलों में रंगिनी छोड़, "गो गुलन" को पड़ सकते हैं। यहां हम सिर्फ एक सरल प्रयोग का वर्णन कर रहे हैं।

ये प्रयोग कपड़े साफ करने वाले साधारण साबुन के धान में माथ

किये जा सकते हैं, ¹ पर जिन्हें इच्छा है, जून या बादाम के तेल।
 बने साबुन का व्यवहार कर सकते हैं। इनसे बुलबुले बड़ और सरल
 हैं। साफ ठंडे पानी में ऐसे साबुन के टुकड़े को सावधानीपूर्वक धार
 है। घोल पर्याप्त गाढ़ा होना चाहिए। साबुन वर्षा या पिघल बर्फ से
 साफ पानी में घालना चाहिये। यदि ऐसा पानी न हो, तो खोला कर
 किये गये पानी में भी काम चल जायेगा। बुलबुल देर तक टिक, इ
 लिये प्लेटों सलाह देते हैं कि घोल में आयतनानुसार करीब एक लि
 ग्लिसरीन मिलाना चाहिये। घाल की सतह पर बने पन और बसबसो
 चम्मच द्वारा हटा लेते हैं। मिट्टी की महीन नलिका के एक छार को मी
 और बाहर साबुन से भल कर घोल में डुबाते हैं। यदि नलिका नहीं हो
 तो करीब दस सेंटीमीटर लंबा पुम्राल का टुकड़ा ल और इसके एक सि
 को त्रौस की तरह थोड़ा फाड़ ले। इससे भी काम चल जायेगा।

बुलबुला बनाने की विधि इस प्रकार है नलिका को घाल में डबा कर
 निकालते हैं और उसे सीधा खड़ा पकड़े रहते हैं, ताकि उसके सिरे पर
 घोल की एक महीन झिल्ली बन जाये। अब नलिका में सावधानीपूर्वक
 फूँकते हैं। बुलबुला हमारे फेफड़ा से निकलने वाली गम हवा से भरता
 है जो कमरे की हवा से हल्की होती है। इसीलिये बुलबुला तुरत ऊपर
 की ओर उठता है।

यदि पहली बार में ही करीब दस सेंटीमीटर व्यास वाला बनबला
 छोड़ने में सफलता मिल जाती है, तो घाल ठीक बना है। यदि एमा नहीं
 है तो घोल में और साबुन मिलाये, जबतक कि उपरोक्त आकार के
 बुलबुले नहीं प्राप्त होने लगें। लेकिन यह परीक्षण पर्याप्त नहीं है। उगली
 को घोल में गीली कर उसे बुलबुले में भावने की काशिश करते हैं। यदि
 बुलबुला फट जाता है तो घोल में और साबुन मिलाना चाहिए और यदि
 बुलबुला नहीं फटता है तो प्रायः प्रयोग शुरू कर सकते हैं।

प्रयोग सावधानीपूर्वक धीरे धीरे और शांत चित्त से करना चाहिए।
 प्रकाश काफी तेज होना चाहिये, अन्यथा बुलबुल अपना इन्धनूपी प्राभा
 नहीं दिखायेंगे।

बुलबुला में साथ चंद मनारजक प्रयोग निम्न है।

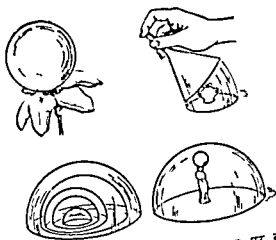
¹ टकाप्लेट सोप इन प्रयोग के लिये खास उपयुक्त नहीं है।

बुलबुले के भीतर फूल। घाल या ट्रे में साबुन का इतना घोल डालते हैं कि घाल की पेंदी पर करीब 2-3 mm मोटी परत बन जाये। बीच में एक फूल या नही सुराही रखने हैं और उसे बाय की कीप से ढक दते हैं। इसका बाद कीप को धीरे धीरे उठाते हुए, उसकी सक्री नली में फूँकते हैं। इससे साबुनी बुलबुला बनता है। जब बुलबुला पर्याप्त बड़ा हो जाये, कीप का चित्र 66 की भाँति तिरछा करते हुए बुलबुले में अलग कर ले। फूल एक महीन अद्भुतगलाकार पारदर्शक गुब्बे का ढक जायेगा, जिसपर आप का सार इद्रधनुषी रंग की आभायें दिखेंगी।

फूल की बजाय आप छोटी प्रतिमा भी ले सकते हैं। प्रतिमा के सिर पर एक छोटा बुलबुला भी रख सकते हैं (चित्र 66)। इससे लिय प्रतिमा के सिर पर घोल की कुछ बूंदें रख देते हैं। जब प्रतिमा का गिद गुब्बेजनुमा बुलबुला बन जाय, तो इस बुलबुले में नलिका भाग कर प्रतिमा के सिर पर पड़ा घाल की बूंद से एक छोटा बुलबुला बना देते हैं।

बुलबुले में बुलबुले (चित्र 66)। उपरोक्त विधि द्वारा ही कीप से एक बड़ा बुलबुला बना लेते हैं। फिर पुछाल को ऊपरी सिर तक (मूँह में ले कर फूँक जाने वाले हिस्से को छाड़ कर) घाल से गोना कर देते हैं। फिर उसे सावधानीपूर्वक बुलबुले की नीवार में भोक कर केन्द्र तक ले जाते हैं। उस में फूँक देते हुए उस वापस खींचते हैं, पर इतना नहीं कि बड़े बुलबुले की नीवार से सटे। इस प्रकार बड़े बुलबुले में उससे कुछ छोटा बुलबुला प्राप्त होगा। इसके भीतर आप तीसरा और तीसरे के भीतर चौथा आदि बुलबुले बना सकते हैं।

साबुनी मिल्की का बेलन (चित्र 67) तार के दा छल्ला द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। निचले छल्ले पर साधारण गोल बुलबुला बना कर रखते हैं और इसपर दूसरा गीला किया हुआ छल्ला रख कर ऊपर उठाते हैं। इससे बुलबुला खिंचने लगता है और बेलन के आकार का हो जाता है। मजे की बात यह है कि यदि आप छल्ले को बुलबुले की परिधि से अधिक ऊँचा उठाएंगे, तो बेलन का आधा भाग सक्का होन लगेगा और दूसरा अद्भुत माटा हाव लगेगा। और अधिक खींचने पर बुलबुला टूट कर दो बुलबुले में विभक्त हो जायेगा।



चित्र 66 साबुन के बुलबुलो के साथ प्रयोग पूल पर बुलबुला, गमले के चारा घोर बुलबुना, बुलबुलो में बुलबुने बुलबुल के भीतर बुलबुना धारण किये प्रतिमा।

साबुनी पिल्ली हर समय तनाव की स्थिति में हाती है और बुलबुले में बंद हवा को दबाती रहती है। कोप की नली मोमबत्ती की लौ के निकट लायें, आपका मानना पड़ेगा कि इतनी महीन सिल्लियो में भी कोई बम शक्ति नहीं है लौ एक झार को पुक जाती है (चित्र 68)।



चित्र 67 बेलनाकार बुलबुला बनाना।



चित्र 68 बुलबुले की दीवार हवा को धकेलती है।

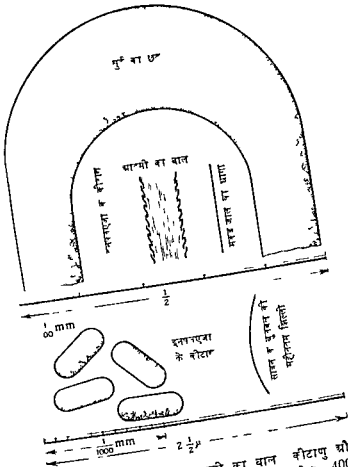
गम स्थान से ठंडे स्थान में लाये गये बुलबुले का प्रेक्षण भी दिलचस्प है उसका आयतन कम होने लगता है। इसके विपरीत ठंडी से गम जगह में लाने पर बुलबुले का आयतन बढ़ने लगता है। इसका कारण निश्चय ही बुलबुले में कद हवा का संकोचन या प्रसार है। यदि -15°C पर बुलबुले का आयतन 1000 cm^3 है और उस $+15^{\circ}\text{C}$ तापक्रम पर स्थित कमरे में लाया जाता है, तो उसका आयतन में वृद्धि होती है

$$1000 \times 30 \times \frac{1}{273} = \text{करीब } 110 \text{ घन सेटीमीटर।}$$

यह भी ध्यान देने योग्य है कि बुलबुला की क्षण भंगुरता जैसे विचार पूरी तरह सही नहीं हैं। ढग से बर्ताव किया जाये, तो वह दसिया दिन सुरक्षित रहता है। अमेज भौतिकविद डेवर ने (जा वामु के द्रवीकरण पर शाघवायों के लिये प्रसिद्ध हैं) बुलबुला को महीनो तक सुरक्षित रखने में सफलता प्राप्त की। उहा ने उसके लिय विशेष बातला का उपयोग किया, जो बुलबुला को सुखने से तथा धूल व हिचकोलो से बचाती थी। अमेरिकावासी लीरेस को काच के ढक्कना में वर्षों तक बुलबुला का सुरक्षित रखने में सफलता मिली।

सबसे बारीक क्या है?

शायद बहुत ही कम लोगा का पता हागा कि साबुनी बुलबुले की झिल्ली का नाम खाली आँखो से दिखने वाली सूक्ष्मतम वस्तुमा में आता है। साबुनी झिल्ली की तुलना में वे वस्तुए भी काफी मोटी हैं, जिन्हें हम बारीकी की उपमा के रूप में व्यवहार करते हैं। कागज सा पतला 'या' बाल सा महीन' आदि उपमायें साबुनी बुलबुले की दीवार के सामने निरर्थक हैं, क्योंकि वह बाल या सिगरेटी कागज से 5000 गुना अधिक बारीक होती है। आदमी के सर का बाल 200 गुना बड़ा करने पर करीब एक सटीमीटर मोटा लगेगा। साबुन का झिल्ली का परिच्छेद (काट) इतना बढ़ाने पर लिखेगा भी नहीं। यदि उस 200 गुना और बढ़ाया जाये तो वह एक बारीक रेखा के रूप में दिखेगा। धान को इतना (अर्थात् 40000 गुना) बढ़ाने पर वह 2mm से अधिक मोटा लगेगा। चित्र 69 इन अनुपातों को दृश्य सुगम बनाता है।

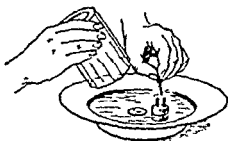


चित्र 69 ऊपर-सुर्य का छे, आन्मी का बाल कीटाणु और मकड जाले का धागा (200 गुना बड़े आकार में)। नीचे-40000 गुने बड़े आकार में कीटाणु व सावन के बुलबुने की दीवार। $\mu = 0.0001 \text{cm}$

पानी में भी सूखा

बड़ी चौरस पाल में एक मिक्का रख कर थोड़ा पानी डाल, ताकि मिक्का नूना रहे। मेहमानों से बिना उगती गीना किय मिक्का उठान का कह।

यह काम अममभ्रसा लगता है पर एक गिनतम और जलते वागज की



चित्र 70 तश्तरी का साग पानी शीघ्र गिलास के नीचे जमा कैसे किया जा सकता है।

सहायता से मरलतापूर्वक संपन्न हो सकता है। वागज में भाग लगा दीजिय जलता हुआ कागज गिलास में रखिये और गिलास फुर्ती से घाल में मिक्के के निकट उलट कर रख दीजिय। कागज बुझ जायगा, गिलास में सफेद धुआं भर जायेगा और इसके बाद घाल का पानी खुद-ब-खुद गिलास के नीचे जमा हो जायेगा। मिक्का अपनी जगह पर ही रहेगा। एकाध मिनट बाद जब वह सूख जाय, घाल बिना उगली गीला किये उमने उठा ल सकते हैं।

कौन सा घन पानी को गिलास के नीचे ममेट ले जाता है और एक नियत ऊँचाई पर उमका स्तर बनाय रखता है? वातावरण का दबाव। जलना हुआ कागज गिलास के भीतर का हवा का गम कर नेता है, भीतर दबाव बन जाता है, हवा का कुछ भाग बाहर निकल आता है। जब कागज का जलना बुझ जाता है, हवा पुन ठंडी हो जाती है और भीतर दबाव काफी कम हो जाता है, तब बाहरी हवा के दबाव से पानी सिमट कर गिलास में चला जाता है। कागज की जगह काग में चुभी माचिस की तीलियां स भी काम चलाया जा सकता है (चित्र 70)।

अक्सर इस पुराने प्रयोग की एक गलत व्याख्या सुनने व पढ़ने को मिलती है।¹ कहते हैं कि 'इसमें थाक्सीजन जल जाता है' और इसीलिये

¹पहली बार इसका बणन ट्रैसा पूव पहली शती में प्राचीन बाइजेंटीनी भौतिकविद फिनो ने किया था और उन्होंने इसकी बहुत ही सही व्याख्या दी थी।

श्रीधर गिनास के पीचे गम की मात्रा कम हो जाती है। ऐसी व्याख्या बहुत ही गलत है। मुख्य कारण सिर्फ हवा के गम हान में है, जजने वायुज टांग आक्सीजन साया" में मिलता नहा। यह निष्पत्त सभग पहल इन बात से निकलता है कि यहा जजत हुए वायुज क गिना भी काम नउ सवना है, गिनास का खोजत पानी से गगान कर गम कर दना ही काफी रहगा। दूसरे यदि वायुज की जगह स्पिरिट में डुबायी हुई रूई ली जाय, जा तजी से और देर तक जलती रहती है, तो गिलास में करीब आधा ऊंचाई तक पानी चढ़ायागा, जबकि गात है कि हवा क आपतन में आक्सीजन का सिर्फ $\frac{1}{8}$ भाग हाता है। और भ्रत में यह भी ध्यान दन योग्य है कि जजत हुए आक्सीजन से जज-वाष्प और वावन डायक्साइड गस बनती है। वावन डायक्साइड तो पानी में घुल जाता है, पर वाष्प रह जाता है और भ्रशत आक्सीजन का स्थान ले जाता है।

हम कसे पीते हैं ?

क्या ऐसे प्रश्ना पर भी सावना पडेगा ? और नही तो क्या ! हम गिलास या चम्मच में द्रव भ्रपन मुह के पास लात हैं और भ्रपने भीतर "खीच" लेते हैं। द्रव को इस तरह खीचना बहुत ही साधारण बात है, हम इसके आदी हो गये हैं। पर इसी "खीचने" की प्रक्रिया को तां समझाना है। आखिर क्या द्रव मुह में खिचता चला आता है ? कौन सी चीज उसे खीचती है ? कारण ऐसा है पीते वकल हम कम फुलाते हैं और इससे मुह में हवा विरग्न (कम) हा जाती है, बाह्य वातावरण के दबाव से द्रव उस स्थान की आर सिमटता है, जहा दबाव कम है और इस प्रकार द्रव हमारे मुह में खिच कर आ जाता है। यहा वही होता है, जो द्रवयुक्त सचारी बरतनो में स एन में हवा विरग्न कर देने से होगा। वातावरण क दबाव के कारण इस बरतन में द्रव का स्तर ऊंचा हो जायेगा। इसक विपरीत, यदि हम बोतल क मुह को हीठो से पकड कर भीतर क पानी को चूस कर खीचने का लाख प्रयत्न कर कुछ भी नही होगा, क्योंकि बोतल और भापक मुह में दबाव समान है।

भ्रतएव यह कहना अधिव उपयुक्त होगा कि हम सिर्फ मुह से नही, फेफडो से भी पीते हैं, फेफडा का फटना ही वह कारण है, जिससे पानी मुह की ओर खिचने लगता है।

कीप में गुपार

जिन्हें कीप की सहायता से बोतल में द्रव ढालने का मौका मिला है, वे जानते होंगे कि समय-समय पर कीप को घाड़ा ऊपर उठाना चाहिये, अन्यथा कीप में से द्रव नहीं बलेगा। बातल में स्थित हवा को बाहर निकलने का रास्ता नहीं मिलता, अतः वह अपने दबाव से द्रव को कीप में रोक रखती है। सिर्फ शुरू-शुरू घोड़ा द्रव बोतल में ढलता है और इससे भीतर की हवा कुछ दब जाती है। कम मात्रता में सिमटी हवा की प्रत्यास्थता (गदापन) इतनी बढ जाती है कि वह अपने आंतरिक दबाव से कीप में द्रव को सतुलित कर दे। जाहिर है कि कीप को उठा कर हम दबी हवा को बाहर निकलने का रास्ता देते हैं और तब द्रव पुनः बोतल में गिरने लगता है।

इसीलिय ऐसी कीप अधिक उपयोगी होगी, जिसके सक्के भाग की बाहरी दीवार पर अनुतीर नाले बने ह। इससे कीप बोतल का मुँह अच्छी तरह नहीं बढ कर सनेगी और हवा बिना रोक्-टोक की बोतल में बाहर निकल सकेगी।

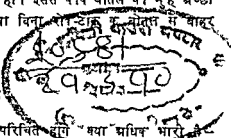
एक टन लकडी और एक टन लोहा

इस भजाकिया प्रश्न से सभी परिचित होंगे "क्या अधिक भारी एक टन लकडी या एक टन लोहा? अक्सर लोग बिना सचि-समझे उत्तर देते हैं कि एक टन लोहा अधिक भारी होगा। सुनने वाले प्यार से हँसते हैं।

शरारतिया को और जार की हँसी आयेगी, यदि उह कहा जाये कि एक टन लकडी एक टन लोहे से अधिक भारी होगी। यह जवाब और भी बेढब है, पर यदि सच पूछें तो यह अधिक सही है।

आकर्मदिस का नियम सिर्फ द्रवो पर ही नहीं, गसा पर भी लागू होता है। हवा में हर वस्तु उतना भार खोती है जितना उसके द्वारा विस्थापित हवा का भार होता है।

लकडी और लोहा भी हवा में अपन भार का कुछ अश खोते हैं उनके भार में कमी आ जाती है। उनका वास्तविक भार शत करने के



निये इस बमो का पूरि बग्गी हागी। धा हमार प्रसन्न भ नरहो वा यथाय
 भार बराबर हागा एव टन $\frac{1}{2}$ लकड़ी क घायता क तुल्य हास का भार,
 सादे का एव टन $\frac{1}{2}$ लकड़ी क घायता क तुल्य हास का भार।

पर एव टन लकड़ी बदा अधिक्त व्याप्त हुंता है, बसिन्दा कि एव
 टन सा, के (बरीय 15 गुना अधिक्त)। शमीनिय एव टन लकड़ी का
 यथाय भार एव टन सादे क यथाय भार म अधिक्त हागा। यदि घोर गरी
 अधिक्कति बड़ी जाय, तो हम बटना पाठिय हास म एव टन भार बाना
 लकड़ी का यथाय भार हवा म एव टन भार जान सादे क यथाय भार
 से अधिक्त हुंता है।

बूकि एव टन सादे का घायता $\frac{1}{8}$ m^3 हाता है और लकड़ी का-
 शरीय $2 m^3$, ता उनर द्वारा निस्थापित हास के भारा म अन्तर बरीय 25 kg
 हागा। एव टन लकड़ी वास्तविकता म एव टन सादे से इतनी ही अधिक्त
 भारी हुंती है।

भारहीन आदमी

बहुता का बचपन से ऐसी बरपना सुभावनी लगती हुंगी कि के रुई
 के पाहे बया, हवा से भी हलके हा गय हैं¹ और गुरुत्त की भारी जजीरा
 को तोड कर आवाश मे जहा चाह, उमुक्त उड सकत हैं। पर
 क अक्सर एव बान भूल जाते हैं योग पथवी पर स्वतंत्र रूप से चल सकते
 हैं सिफ इसनिये कि वे हवा से भारी हैं। दरअमल 'हम वातावरण
 रूपी सागर क तल पर रहत हैं' - टारीसेनी ने कहा था। यदि हम अचानक
 हवा से भी हलके हो जायें, तो इस हवाई सागर की सतह पर उपलान
 लगेंगे। हमारे साथ वही हुंता, जो पुश्किन रचित कविता के घुडसवार
 सनिक के साथ हुआ था "पूरी बोलल पी गया और विश्वास नही हुंता
 तुम्हे अचानक रुई के पाहे की तरह ऊपर उड गया। हम कुछेक किलो

¹ प्रचलित विचार के विपरीत, पाहा हवा से हल्की नही हुंती बल्कि
 उससे सजडो गुनी भारी हुंती है। हवा म वह इसलिये उडती है कि उसकी
 कुल सनह काफी बडी हुंती है इतनी बडी कि हवा द्वारा उसकी गति
 मे प्रतिरोध उसक भार से अधिक्त हो जाता है।

मीटर ऊपर उड़ आते, जहाँ विरल हवा का घनत्व हमारे शरीर के घनत्व के बराबर होता। पहाड़ियाँ और घाटियों पर उमुक्त मडराने का सपना राख की तरह हवा में बिखर जाता, क्योंकि गुस्त्व के बधन से निकल कर हम दूसरे बल—वातावरण की सवहन धाराओं—की कद में आ जाते।

लेखक वेल्स ने ऐसी ही असाधारण स्थिति को अपनी एक विज्ञान-कल्पना कथानक बनाया है। एक बाफ़ी मोटा व्यक्ति अपनी मुट्ठी कुछ कम करना चाहता था। कथाकार के पास एक आश्चर्यजनक दवा होती है, जिससे स्थूलकाय लोग अपना भार कुछ कम कर सकते हैं। वह दवा माग कर ले जाता है। जब कथाकार अपने परिचित भाटे से मिलने पहुँचता है और उसका दरवाजा खटखटाता है, उसे आश्चर्यजनक चीजें देखने को मिलती हैं।

“दरवाजा देर तक कोई खोल नहीं रहा था। मैंने सुना कि किसी ने ताली घुमायी और पीक्नाफ्ट (यह मोटे का नाम था) के स्वर ने कहा

अदर आ जाइये।

मैंने हैडिल घुमाया और दरवाजा खोला। स्वाभाविक था कि मैं पीक्नाफ्ट को देखने की उम्मीद कर रहा था।

आप जानते हैं,—वह नहीं था। कमरा अस्त-व्यस्त था किताबा, कलम-दावात आदि के बीच जूठी प्लेटें पड़ी थीं। कुछेक कुसियाँ उल्टी हुई थीं। पीक्नाफ्ट नहीं था।

—भई मैं यहाँ हूँ। दरवाजा बंद कर लीजिये,—उसने कहा। तब मुझे वह नजर आया।

वह दरवाजे के निक्ट बने में ठीक कानिस् से लटका हुआ था, मानो उसे किसी ने छत से बिपका रखा हो। उसका चेहरा गुस्से से भरा था और उस पर भय की छाप थी।

—यदि कुछ फिसला, तो पीक्नाफ्ट, आप गिर जायेंगे और अपनी गरदन तोड़ लेंगे—मैंने कहा।

—बहुत खुशी होगी मुझे,—उसने बताया।

—आपकी उन्न में ऐसी बसरते नहीं करनी चाहिये लेकिन, आप लटके किस चीज के सहारे हैं?—मैंने पूछा।



चित्र 71 मैं यहाँ हूँ दोस्त! - पीत्राफ्ट ने कहा।

तब मुझे दिखा कि वह लटक नहीं रहा है, बल्कि ऊपर तर रहा है, जैसे गस स भरा बलून हो।

उसने धोड़े हाथ पर मारे, ताकि छत से अलग हो कर दीवार के सहारे मेरी ओर रग सके। उसने नक्काशी की किन्नारी पक्की पर वह टूट गयी और वह पुन छत की ओर उड़ गया। जब वह छत से टकराया, तब मेरी समझ में आयी कि उसके शरीर के उभरे हुए भागों पर चूना क्यों लगा है। वह पुन काफी सावधानी के साथ चिमनी के सहारे उतरने की कोशिश करने लगा।

- यह दवा, - हाफते हुए उसने बताया, - कुछ ज्यादा ही असरदार निकली। भार का लोप लगभग पूण है।

अब मैं सब समझ गया।

- पीत्राफ्ट! - मैंने कहा। - आपको मुटापा कम करने की दवा चाहिये थो और आप हमेशा कहते थे कि भार कम करना है रकिये, मैं आपकी मदद करता हूँ, - बेचारे का हाथ पकड़ कर नीचे खींचते हुए मैंने कहा।

वह किसी चाज पर दृढ़ता से खड़े हान की कोशिश में नाचने लगा। दृश्य मजेदार था। जस मैं तेज हवा में पाल वाली नाव रोक् कर रखन की कोशिश कर रहा हूँ।

-यह टेबुल काफी मजबूत और भारी है।-बेचारे पीन्नापट ने ताब से धक्का कर रहा।-यदि आप किसी तरह मुझे उसने नीचे धुसा सके

मैंने यही किया, पर टेबुल के नीचे भी वह इस तरह हिच-डुल रहा था, जैसे हवाई बैलून बंधा हुआ हो। एक मिनट के लिये भी स्थिर नहीं था।

-सिर्फ एक बात साफ है, जो आपको किसी भी हालत में नहीं करनी चाहिये।-मैंने उत्तर कहा।-यदि वही आप पर से बाहर निकल गया, तो ऊपर की ओर उड़ते चले जायेंगे, रुकेंगे नहीं

मैं सलाह दी कि अपने को इस नयी स्थिति के अनुकूल बनाने की कोशिश करनी चाहिये। मैं इशारा किया कि छत पर हाथा के सहारे चलना सीखने में उसे बठिनाई नहीं होगी।

-मैं तो नहीं सकता, -उसने शिकायत के स्वर में कहा।

उसके लिये कमरे में सीढ़ी रखी गयी और खाना किताब की झालमारी पर लगाया जाने लगा। हमने एक सुंदर हल सोच निकाला, जिसकी सहायता से पीन्नापट जब जाहे फश पर उतर आ सकता था हल यही था कि "ब्रिटेन विश्वकोश" खुली झालमारी के ऊपरी छदे में रखा था। मोटू ने झट उसके दो छेद उठाये और हाथ में पकड़े हुए फश पर उतर आया।

मैंने उसकी पलट में पूरे दो दिन बिताये। हाथ में हथौड़ा और बरमा ले कर उसके लिये सभी सम्भव जुगतियाँ फिट करता रहा तार लगाया ताकि वह घटी बजा सके, आदि आदि।

उस दिन मैं अग्राठी के पास बठा था और वह अपने प्रिय कोने में लटका छत में तुर्की कालीन ठोक रहा था, जब मरे दिमाग में यह विचार आया

-ऐ, पीन्नापट! -मैंने लगभग चीखत हुए कहा।-इन सब चीजों की विलुप्त आवश्यकता नहीं है। कपड़ों के नीचे सीसे का अस्तर चाहिये, और कुछ नहीं।

पीन्नापट खुशी से रो पडा।

-भीमे के चदरे -मैंने कहा, -खरीद लीजिये और कपड़ा के नीचे फिट कर लीजिये। जूतों में सीसे के तल्ले लगवा लीजिये और हाथ में सीसे का सूटकेस पकड़े रहिये, और बात खत्म। आप यहा

कै- में नहीं बरत विरत का मरत है, पाता कर मरत है। धरत
 तिय बरतक दुख न भा वीर धरत तै है धरत करत म न कुत
 या मरत उतात मरत वीर तत म उरत मरत ।

उपरोक्त गीत पर ध्यान से पढ़ा सब कुछ भीतरगत विषयों के अनुसार
 ही लगता है। पर कर्ता की कुछ बातों से सम्बन्धित बातें समझने हैं। सबसे
 महत्त्वपूर्ण बात यह है कि मातृसम धरत करत का भाव था पर भी उस
 तक नहीं उठ पाता था।

धरत-विरत के विषय में प्राचीन गीत उभा जाते हैं मरत का धरत
 उपनाम। जब उगन काटा तब का मरतिया धरत का कुत भार उनके
 मरत काय द्वाय विरतिया विरत हरा व धरत म मरत हुआ। विरत मरत
 बरतत नहीं हुआ धरत धरत मरत कर वि धरत मरत का भार मरत
 उगी धरत मरत काय पानी व धरत व बरतकर हुआ है। हमारा भार 60
 किग्रा. है, हमारे शरीर के बरतकर धरत काय पानी का भार लगभग
 इतना ही होगा। साधारण धरत काय पानी का सामान धरत काय पानी
 का 770 गुणो का है। इतना विरत विरत है कि हमारे शरीर
 के धरत व बरतकर धरत काय पानी का भार होगा 80 g। मरत
 धरत वरत वरत भी मरत काय पानी का उता वरत 100 kg से धरत
 काय पानी ही रहा होगा धरत मरतिया 130 g म धरत काय पानी विरत नहीं
 कर सके होगा। धरत वरत पर धरत काय पानी मरत-धरत धरत जो
 सामान था क्या उनका कुत भार 130 g का था वरत था? यह धरत है,
 इतना धरत सामान का कुत भार नहीं धरत होगा। धरत यदि एसी बात
 है तो धरत को धरत पर ही रहना चाहिए था। यह सब है कि उनकी
 स्थिति काफी धरत होती पर धरत से धरत वरत की तरह धरत की
 धरत नहीं उठते। सिर्फ धरत से धरत कुछ उता कर ही वे धरत
 म उता सके थे। धरत म उनकी हालत वरत ही होती, धरत
 धरत-धरत के वरत से धरत की होती है, धरत की धरत को धरत
 से भी व धरत की धरत धरत और धरत धरत म धरत धरत धरत
 पर उतरते हैं।

१ छलागजाजी के वरतों के धरत म मेरी पुस्तक 'धरत-धरत धरतों'
 का धरत 4 धरत।

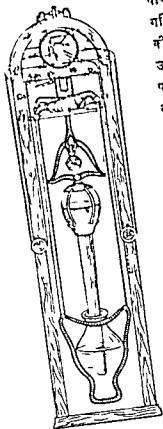
“शाश्वत” घड़ी

इस पुस्तक में हम कई मिथ्या “शाश्वत चलित्तो” को देख चुके हैं और यह स्पष्ट कर लिया है कि उनका आविष्कार असंभव है। अब हम निःशुल्क चलित्तो के बारे में बातें करते हैं। ये ऐसे चलित्त हैं, जो हमारी ओर से बिना किसी दृष्टिभ्रम के अनिश्चित चिर काल तक कायशील रह सकते हैं, क्योंकि वे अपने परिवेश के अणु ऊर्जा भंडारों से आवश्यक ऊर्जा प्राप्त करते रहते हैं। पारे या धातु का बना बैरोमीटर सब में दया होगा। प्रथम प्रकार के बैरोमीटर में पारद स्तंभ का स्तर बातावरण के दाब में परिवर्तन के अनुसार ऊपर-नीचे जाता रहता है। धात्विक बैरोमीटर में इही कारण से मुई इधर-उधर घूमती रहती है। अठारहवीं शती के एक आविष्कारक ने बैरोमीटर की इन गतियों का उपयोग घड़ी जसी मशीन में चाबी भरने के लिये किया। इस प्रकार उसने एक घड़ी बनायी, जो बिना एक चलती रहती थी और जिसमें चाबी देन की आवश्यकता नहीं पड़ती थी। विख्यात अंग्रेज यंत्रकार व ज्योतिषविद फेंग्युसन ने इस दिलचस्प आविष्कार का दया और उसके बारे में निम्न पंक्तिया लिखी (1774 ई में)

‘ मैं ऊपर वर्णित घड़ी देखी है, जो एक अनूठे बैरोमीटर में पारे व उठन व गिरन व कारण अविराम चलती रहती है। यह सोचना निराधार है कि यह घड़ी कभी एक जायेगी, क्योंकि उसमें संचित होन वाला गतिकारी बल इतना काफी होता है कि बैरोमीटर हटा दन पर भी घड़ी सात भर तक चलती रह सकता है। इस घड़ी का विस्तारपूर्वक जान लेने के बाद मैं खुल दिस से कहता हू कि अबतक जितने यंत्र मैंने देखे हैं उनमें यह सबसे अधिक प्रतिभाशाली है, इसके मूल विचार और उसके कार्यावयन-दोनो ही के अनुसार।’

खेद की बात है कि यह घड़ी सुरक्षित नहीं रही वह चोरा हो गयी थी और अब कहा है किसी को पता नहीं। वसे उक्त ज्योतिषविद द्वारा बनाया गया उसका आरंभ अभी भी है, इसलिय उसका पुननिर्माण किया जा सकता है।

इस घड़ी की बनावट में एक बहुत बड़ा पारद-बैरोमीटर आता है। फ्रेम द्वारा लटके काच व घड़े और उसमें खड़े लंबे कीप में करीब 150 kg



चित्र 72 XVIII-वीं शती का निशुल्क चलित्र।

पारा है। दोना ही बरतन एव दूमरे के साथे गतिमान हो सारते हैं। उत्तानना की मुन्दर प्रगाली की सहायता से वान-शब बढ़ने पर कीप नावे उतरता है और पडा ऊपर उठता है, दाप धन पर इगना उल्ला होना है। दोना ही गनिया एक दनि चक्र यो हमगा एक ही जिगा म घुमाती है। चक्र गिफ तभी स्थिर रहता है, जब वातावरण का दाप बिल्लुन स्थिर रहता है। चक्र के रुके रहने पर घडी मुन्दरा की पटने से सचित प्रभिपातन ऊर्जा से चलती है। यह कोई भासान नाम नही है कि मुन्दर साय-माथ ऊपर उठे और गिते बन्न घडी चलायें। पर पुराने घडीसाज इस समस्या को हन बरने के लिय पर्याप्त प्रतिभाशाली थे। उन्होने कुछ इस प्रकार यत्र बनाया कि वात-दाव म उतार चगाव की ऊर्जा प्रावश्यकता से अधिक सिद्ध होनी थी पर्यान् मुन्दर अधिक तेजी से उठते थे पर गिरते थे धीरे धीरे। इसके लिये ऐसा विशेष युक्ति लगानी पडी कि जब मुन्दर उचतम बिन्दु पर पहुँच जाते थे ता कुछ समय के लिय वही रुके रहते थे।

इस जसे निशुल्क चलित्रो और 'शाश्वत चलित्रो के बीच यह महत्वपूर्ण सद्धातिक अंतर स्पष्ट है। निशुल्क चलित्रो म ऊर्जा शून्य से नही मिलती जिसका सपना शाश्वत चलित्रो के भाविष्कारक देखते थे वह यत्र के बाहर से आती है। हमारे उदाहरण मे यत्र को ऊर्जा बाह्य वातावरण से मिलती है जहा वह सौर किरणो द्वारा सचित होती है। व्यवहारत निशुल्क चलित्र उतने ही लाभकर हाते, जितने कि सचे शाश्वत चलित्र यदि उनकी बनावट उनके द्वारा प्राप्त ऊर्जा की तुलना म अत्यत महगी नही होती (जसा कि अधिकतर होता है)। कुछ आगे चलकर हम अय प्रकार के निशुल्क चलित्रो के साथ आपका परिचय करायेंगे और उदाहरण समेत दिखायेंगे कि उद्योग मे इस प्रकार के यत्रो का प्रयोग नियमत बिल्लुल लाभहीन क्यों होता है।

अध्याय 6

तापीय सवृत्तियां

अशटूबर रेल-पथ¹ कब अधिक लंबा है—गमियों में या जाड़ में ?

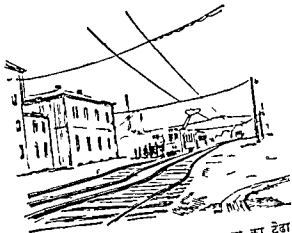
“अशटूबर रेल-पथ कितना लंबा है”—प्रश्न का उत्तर किसी ने इस प्रकार दिया

—औसतन छे सौ चान्नीस किलोमीटर, जाड़ो की अपेक्षा गमियों में करीब तीन सौ मीटर अधिक ।

यह आशातीत उत्तर इतना निरर्थक नहीं है, जितना कि लगता है। यदि सतत एकाग्र रेल-पथ के बारे में पूछा जाये, तो सचमुच इसकी लंबाई गमियां में अधिक होनी चाहिये, बनिस्वत कि जाड़ा में। पर यह न भूले कि गम होने पर पटरियों की लंबाई बढ़ती है—हर सेटीग्रेड तापक्रम की वृद्धि से उसकी लंबाई में 100000 के अंश की वृद्धि होती है। अच्छी खासी गर्मी के दिन पटरियां का तापक्रम 30-40° से भी अधिक हो जाता है, कभी-कभी धूप में पटरियां इतनी गर्म हो जाती हैं कि छून से हाथ जलता है। जाड़ा में वे -25° से भी कम तापक्रम पर हाती हैं। यदि जाड़े और गमियां के तापक्रमों में अंतर औसतन 55° ही मान लें, तो पथ की कुल लंबाई 640 km में 0.00001 और 55 से गुणा करने पर करीब 1/3 km प्राप्त होगा। ज्ञात होता है कि मास्को और लेनिनग्राद का मिलाने वाला रेल-पथ सचमुच ही जाड़ो की अपेक्षा गमियों में तिहाई किलोमीटर अर्थात् करीब 300 मीटर अधिक लंबा होता है।

बेशक, यहां पथ की लंबाई नहीं बढ़ती। बढ़ती है सिर्फ सभी पटरियों की कुल लंबाई। ये दोनों बातें एक नहीं हैं और इसीलिये पटरियों का कभी भी एक दूसरे से बिल्कुल सटा कर नहीं रखा जाता उनके बीच कुछ खाली जगह छोड़ दी जाती है, ताकि गर्म होने पर पटरियां स्वतंत्र

¹ मास्को-लेनिनग्राद रेल-पथ का नाम।—अनु



चित्र 73 अत्यधिक गर्मी के कारण टाम की लाइना का टेढा हो जाना।

रूप से प्रसारित हो सके¹। हमारा कलन दिखाता है कि सभी पटरिया की कुल लंबाई में वृद्धि उनके बीच के खिंचे स्थानों की कुल लंबाई में ही सिमटी होती है, भयंकर शीत में पटरियों की कुल लंबाई की अपेक्षा गर्मियों में उनकी कुल लंबाई में करीब 300m की वृद्धि होती है। इस

¹ यदि पटरियों की लंबाई 8 m हो, तो जोड़ा पर 6mm लंबा स्थान (0° पर) छोड़ना चाहिये। इस खाली स्थान के पूरा रूप से बंद होने के लिये पटरियों का तापक्रम 65°C होना चाहिये। तकनीकी कारणों से ट्राम की पटरियों के बीच जगह नहीं छोड़नी चाहिये। इससे अक्सर पटरिया टेढ़ी नहीं होती, क्योंकि जमीन में गड्ढे होने के कारण उनमें तापक्रम का उतार चढ़ाव नगण्य होता है। उन्हें जोड़ने की विधि भी बगल से टेढ़ी होने में बाधा डालती है। पर बहुत गर्मी पड़ने पर ट्राम की पटरिया कुछ टेढ़ी हो ही जाती है। फोटोग्राफी के आधार पर निम्न चित्र 73 में यह स्पष्टता के साथ दिखाया गया है।

रेलगाड़ी की पटरियों के साथ भी कभी-कभी ऐसा हो जाता है। बात यह है कि ढालू स्थाना पर चलती गाड़िया अपने साथ-साथ पटरियों को भी (कभी-कभी आधार समेत) घसीट ले जाती हैं, फलस्वरूप ऐसे स्थाना पर पटरिया के सिरे एक दूसरे से बिल्कुल सट जाते हैं।

प्रकार, धक्कूबर रेल-मय का सौह भाग गर्मिया म सचमुच 300 मीटर अधिक लंबा है, बनिस्वत की जाडा मे।

चोरी की सजा नहीं

लेनिनग्राद-मास्को लाइन पर हर जाडे मे कुछेक सौ मीटर टेलीफोन और टेलीग्राफ के तार गायब हो जाते हैं, पर कोई इसकी चिंता नहीं करता, यद्यपि तार महंगा होता है और चोर का नाम सब जानते हैं। यह काम ठंड का है। जो कुछ रला के बारे म कहा जा चुका है, तार पर भी लागू होता है। फक सिफ इतना है कि गर्मी से ताबे का तार लोहे की अपेक्षा 15 गुना अधिक लंबा हो जाता है। लेविन तारो के टुकडो के बीच खाली जगह नहीं होती, अत हम बिना किसी हिचकिचाहट के यह सक्त हैं कि लेनिनग्राद-मास्का टेलीफोन लाइन गर्मियो की अपेक्षा जाडा म करीब 500m छाटा होता है। ठंड हर जाडे म लगभग आधा किलोमीटर तार चोरी कर लेती है और उसे कोई सजा नहीं मिलती। बस, इस चोरी स टेलीफोन या टेलीग्राफ के काम पर कोई असर नहीं पडता और, इसके अतिरिक्त, गर्मिया म चोरी का माल पूरी तरह वापस भी तो हो जाता है।

लेकिन इस तरह का सकुचन जब तारो मे नहीं पुलो मे होने लगता है तो परिणाम बुरे हो सक्ते हैं। 1927 की दिसबर मे इस तरह की एक खबर अखबारो म आयी थी

फ्रांस मे लागूतार कई दिनों तक अनदेखी ठंड रही, जिसके कारण पेरिस मे सेन नदी पर स्थित पुल को गभीर नुकसान पहुंचा है। पुल म लोहे की पटरिया मिकुड गयी और इससे उसमे लगे पत्थर पहले ऊपर उभर आये और बाद मे चूर हो कर रास्ता पर बिखर गये। पुल कुछ काल के लिये बंद कर दिया गया है।

पेरिस की मीनार कितनी ऊँची ?

अब यदि आप से पूछा जाये कि पेरिस की मीनार कितनी ऊँची है, तो उत्तर म '300 मीटर' कहने के पहले आप प्रश्न करेगे

— किस मौसम मे—गम या ठंडे ?

लोहे की बनी इतनी बडी चीज की ऊंचाई हर तापक्रम पर समान

रहीं रह सकती। हम जानते हैं कि 300m सबसे छोटे के छड़ का तापक्रम एक डिग्री अधिका होना पर उगनी लंबाई में 3mm की वृद्धि होता है। वातावरण में तापक्रम में एक डिग्री की वृद्धि से पेरिस की मीनार में भी करीब इतनी ही वृद्धि होती पाएंगे। पेरिस की जनवायु के अनुसार अक्टूबर के मध्य उम्र मौसम में मीनार +40° तक गर्म हो सकती है पर ठंड बरखाती मौसम में उसका तापक्रम +10° तक नीचे घाता है। जादा में उसका तापक्रम 0° से -10° तक हो सकता है (पेरिस में इससे अधिक ठंड अक्सर नहीं पड़ती)। अतः तापक्रम में परिवर्तन करीब 40° तक सम्भव है और इसीलिए पेरिस की मीनार की ऊंचाई में परिवर्तन $3 \times 40 = 120$ mm या 12cm तक (इस परिवर्तन की लंबाई से अधिक) हो सकता है।

प्रत्यक्ष माप से यह भी ज्ञात हुआ कि पेरिस की मीनार तापक्रम में परिवर्तन के प्रति हवा में वही अधिक संवेदनशील है। वह अपेक्षाकृत जल्द ठंडा या गर्म होता है और बदरी के दिन भवानव गुरुज उगन पर पहले प्रभावित होता है। पेरिस की मीनार की ऊंचाई में परिवर्तन की माप विशेष प्रकार के निवेश इस्पात के तार की सहायता से पात की गयी थी। तापक्रम परिवर्तन के कारण निवेश इस्पात के तार की लंबाई में परिवर्तन नहीं के बराबर होता है। इस झुंटे मिश्रधातु का नाम "इनवार" (लातीनी invar = अनित्य) है।

निष्कर्ष यह है कि ठंडे मौसम की अपेक्षा गर्म मौसम में पेरिस की मीनार की लंबाई में इस परिवर्तन के बराबर लंबाई वाला लोहे के टुकड़े द्वारा वृद्धि हो जाती है। वस, लोहे के इतने लंबे टुकड़े की कीमत एक सेटिम भी नहीं होती।

चाय का गिलास और जल-स्तर नापने की नली

अनुभवों गहमियन काच के गिलास में गर्म चाय डालने के पहले उसमें चम्मच डालना नहीं भूलती विशेषकर यदि चम्मच चादी का बना हो। परेनू अनुभव के आधार पर बना यह नियम बिल्कुल सही है। आइये, इसकी जांच करें।

सबसे पहले यह स्पष्ट कर ले कि गर्म पानी में गिलास चटकता क्यों है। गिलास टूटने का कारण है काच का असमान प्रसारण। गिलास में डाला गया पानी उसकी दीवारों को एकदम से गर्म नहीं कर देता, पहले

दीवारों की भीतरी परत गम होती है और बाहरी परतें ठंडी ही रहती हैं। गम होते ही भीतरी परत प्रसारित हो जाती है। बाहरी परत अपरि-
 बर्धित रहती है, उसपर भीतरी प्रसारण परतों का दबाव पड़ता है। दोनों
 परतें एक दूसरे से अलग होती हैं और काच चटख जाता है।

यह मत सोचिये कि मोटी दीवारों वाले गिलास खरीद कर आप उनके
 टूटने वाली मुसीबत से छुट्टी पा जायेंगे। ऐसी स्थिति में मोटी दीवारों
 वाले गिलास और भी कमजोर सिद्ध होंगे। यह स्पष्ट भी है पतली दीवार
 जल्द गम हो जाती हैं, उनमें तापक्रम समरूपता के साथ जल्द वितरित
 होता है और इसीलिये उनके विभिन्न अंशों का प्रसारण भी समान रूप
 से होता है, ऐसे नहीं जैसे कि धीरे धीरे गम होने वाली काच की मोटी
 परतों में होता है।

पतली दीवारों वाले काच के बरतन खरीदते वक़्त एक चीज़ नहीं
 भूलनी चाहिये सिर्फ दीवार ही पतली न हो, पेंदे को भी पतला होना
 चाहिये। गम पानी ढालने से मुख्यतः पेंदा ही गम होता है। यदि वह
 मोटा होगा, तो गिलास अवश्य टूटेगा चाहे कितनी भी पतली उसकी दीवारें
 क्या न हों। ऐसे गिलास और चीनी मिट्टी के कप भी आसानी से टूटते
 हैं, जिनके पेंदे स नीचे की ओर स्तम्भ के रूप में गोल छल्ला लगा होता है।

काच का बरतन जितना ही पतला हो, उतना ही निभय होकर आप
 उसे गम कर सकते हैं। रसायनज्ञ अत्यंत पतली दीवारों वाले काच के
 बरतन व्यवहार में लाते हैं, वे उन्हें सीधा ज्वालक पर रख देते हैं, बरतन
 टूटने का कोई डर नहीं रहता।

इसमें कोई शक नहीं कि आदर्श बरतन वह होता, जो गम करने से
 बिल्कुल ही प्रसारित नहीं होता। बहुत ही कम प्रसारण करने वाला पदार्थ
 है स्फटिक या क्वाट्स। इसमें काच की अपेक्षा 15-20 गुना कम प्रसारण
 होता है। पारदर्शक स्फटिक का मोटा बरतन भी जितना चाहें, गम कर
 सकते हैं, वह नहीं टूटेगा। लाल-लाल क्वाट्स के बरतन को आप एकदम
 से ठंडे पानी में फेंक सकते हैं, टूटने का कोई खतरा नहीं है।¹ इसका

¹ प्रयोगशालाओं के लिये स्फटिक के बरतन इसलिये भी सुविधाजनक
 हैं कि वे आसानी से नहीं पिघलते क्वाट्स 1700° पर सिर्फ मुलायम
 होना शुरू करता है।

सबघ घशत इमी से है नि ताप-सवहनता शीशे की प्रपेभा बवाटम म
 वही अधिक् है।

गिलास सिफ शीघ्र तपन से ही नहीं टूटते। शीघ्र ठडा करन से भी
 टूट जाते हैं। इसका कारण है प्रगमान सकोचन बाहरी परत ठडा हु
 कर सकोचन की दिशा म पिचने लगती है और भीतरी परत पर दबाव
 डालती है। इसीलिये गम मुरख्ये को ठडा करने के लिये काच के मतबान
 वा ठडव या ठडे पानी म पभी न रखें।

चाय के गिलास मे चम्मच की समस्या पर लौटें। चम्मच काच को
 टूटने से कसे बचाता है?

दीवारा की बाहरी व भीतरी परतों के तापनमा मे बहुत ही बडा
 अतर सिफ तभी होता है, जब आप गिलास म एक्दम से खूब गम पाना
 डालते हैं। साधारण गम पानी से दोनो परतों के तापनमा मे इतना बडा
 अतर नहीं होता और इसीलिये उनके आतरिक तनावो मे भी गभीर फरक
 नहीं आता। साधारण गम पानी से बरतन नहीं टूटता। यदि गिलास मे
 चम्मच पडा हो, तो क्या होता है? पेंदे पर आकर गम द्रव काच का
 (जो ताप का बुरा चालक है) पूरी तरह से गम कर सकने के पहले अपनी
 गर्मी का अच्छा-खासा भाग ताप के सुचालक चम्मच को दे देता है, द्रव
 का तापक्रम कम हो जाता है बहुत गम से वह साधारण गम द्रव मे
 परिणत हो जाता है और इसीलिये उमसे कोई खतरा नहीं रह जाता। द्रव
 अब और आगे डालने से भी कोई डर नहीं रह जाता, क्योंकि गिलास थोडा
 गम हो चुका है।

कहने का मतलब यह है कि चम्मच (विशेष कर यदि वह बडा व
 मोटा है) गिलास के गम होने की क्रिया को समरूप कर देता है और
 काच को चटकने से बचाता है।

लेकिन यदि चम्मच चादी वा हो तो यह और अच्छा क्या है?
 क्याकि चादी ताप का बहुत अच्छा सवाहक है चादी का चम्मच पानी
 की गर्मी ताबे की अपेक्षा जल्द आत्मसात करता है। स्मरण करे कि गम
 चाय म पडा चादी का चम्मच छूने से कितना गम लगता है, हाथ जलते
 उगता है। इस गुण के आघार पर आप आँखे बंद कर क बिल्कुल सही सही
 बता सकते हैं कि चम्मच ताबे का है या चादी का। गम पानी म डान
 कर निवानने पर ताबे के चम्मच से हाथ नहीं जनेगा।

काच की दीवारों का असम रूप से गम होना मिफ चाय के गिलास के लिये ही धनरनाक नहीं है। वाष्प क्वथित (स्टीम ड्रायलर) के महत्वपूर्ण भाग जलभापी नलिया, -जिनसे क्वथित म जल का स्तर नापा जाता है -के लिये भी यह बुरा सिद्ध होना है। वाष्प व गम पानी के कारण काच की इन नलिया में भीतरी परत का प्रसारण बाहरी परत की अपेक्षा अधिक होता है। उत्पन्न आंतरिक तनाव के अतिरिक्त नली में वाष्प व गम पानी का ऊंचा दबाव भी रहता है। इन सबके सम्मिलित प्रभाव से नली और आसानी से टूट सकती है। दबाव के लिये दो भिन्न प्रकार की काच की परतों से नलिया को बनाया जाता है। भीतरी परत का प्रसार सगुणक कम होता है और बाहरी का अधिक।

हमाम में जूते

'जाड़े में दिन छोटे व राते बड़ी क्या होती हैं और गर्मी में इसका उल्टा क्या होता है?' सभी दृश्य और अदृश्य पदार्थों की तरह जाड़े का दिन भी ठंड से सिकुड़ जाता है। रात लालटेन आदि से गम होती रहती है, इसीलिये फल जाती है।"

चेखव की कहानी के पेंसनयाफना वज्जाक मजेंट की टुकड़ी में चलने वाले म तक हाठा पर बरबस मुस्कुराहट ला देते हैं। पर इस तरह के 'विद्वत' तकें सुन कर हसने वाले लोग स्वय ही कभी-कभी ऐसे बेढगे सिद्धांत बना दिया करते हैं।

हमाम में जूता के बारे में सभी ने सुना होगा और पढ़ा भी हागा। कहते हैं कि गम वाष्प और पानी में स्नान करने के बाद जूते पहनना मुश्किल हाता है, क्याकि 'गम होकर पैरा का आयतन बढ जाता है"। यह विख्यात उदाहरण क्लासिकल बन गया है, पर इसका कारण बिल्कुल गलत बताया जाता है।

सबप्रथम, हमाम¹ में मानव शरीर का तापक्रम लगभग नहीं बढ़ता शरीर के तापक्रम में 1-2°C से अधिक की वृद्धि नहा होती। मानव शरीर

¹ जहां 60-80°C पर गम वाष्प में स्नान करते हैं। - अनु

परिवेश के तापीय प्रभावा के साथ सफलतापूर्वक सधय करता है और अपना तापक्रम एक निश्चिन बिंदु पर स्थिर रखता है।

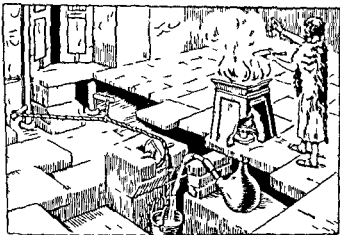
1-2°C तापक्रम अधिक हो जान से शरीर के धायतन म इतनी नाथ ह्जारवे भागा से अधिक नहीं होता। धत पर की चौडाई म वडि सेमीमीटर के सीवे भाग से अधिक नहीं हा सकती। धाप सोचते हैं कि जूते 0.01 cm तक की शुद्धि स सिलते हैं ?

पर तथ्य शवातीत है हम्माम के बाद जूते पहनना मुश्किल होता है। इसका कारण शरीर का तापीय प्रसारण नहीं है। पर फूलते हैं, इसलिये कि परिवेश की आद्रता ऊंची होती है इसका प्रसर चमडी पर पडता है। रक्त परा की धोर काफी बहने लगता है, जिससे रक्तधर घटिकायें फूल जाती हैं आदि आदि।

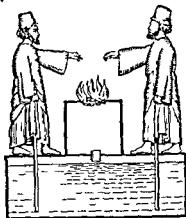
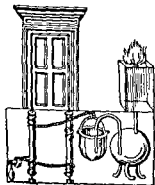
चमत्कार

अलेक्जेंडर हिरोन नामक प्रसिद्ध फव्वारे के बारे मे आपने सुना होगा, जो आज भी अपने आविष्कारक का नाम धर रहा है। हिरोन प्राचीन ग्रीम के यत्नकार थे। उनके वागजातो मे धूत्तता से भरी दो विधिया का वणन मिलता है जिनकी सहायता से मिस्र के पुजारी लोग को घोषा दिया करते थे ताकि जनसाधारण मे चमत्कारा पर विश्वास बना रहे।

चित्र 74 म आप होम के लिये धातु के बने एक खोखले अग्नि-बुड को देखते हैं। इसके नीचे मंदिर के दरवाजे खोलन के लिये विशेष उपकरण छिपा है। अग्नि-बुड मंदिर के बाहर होता था। जब धाग जलायी जाती थी, बुड के भीतर की हवा गम हो कर बरतन मे स्थित पानी पर दबाव डालती था। पानी नली द्वारा बरतन से निकल कर बाल्टी मे गिरता था, और बाल्टी पानी के भार से नीचे जाने लगती थी और साथ ही रस्ती द्वारा दरवाजे खीच कर खोल देती थी (चित्र 75)। इस धूत्तता से अनभिन्न आश्चर्यचकित दशक समझते थे कि उनके सामने चमत्कार हो रहा है धाग की ज्वालायें उठती हैं और पुजारी की प्रापना से द्वार स्वयं खुल जाते है



चित्र 74 मिस्री पुजारियों के चमत्कार की पोल मंदिर के द्वार होमाग्नि के प्रभाव से खुलते हैं।

$$\begin{array}{r} 10581 \\ \hline 29 \quad 3.90 \end{array}$$


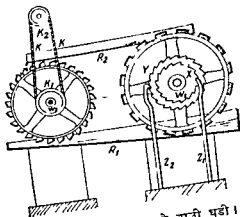
चित्र 75 वेदी में आग जलने पर स्वयं खुलने वाले द्वारों की बनावट का आरेख (चित्र 74 से तुलना करें)।

चित्र 76 एक और प्राचीन चमत्कार होमाग्नि में अपने आप घी का डलना।

पुजारिया द्वारा प्रयुक्त एक छोटी गियर चमत्कार चित्र 76 में दिखाया गया है। जब बुद्ध में घ्राण लटकने लगती है, तीप के होत्र में स्थित की गम तथा व दबाव से तलियां में उठ कर बुद्ध में गिरने लगती हैं, तब पुजारिया की प्रणियां में छिपी हैं। जब मुख्य पुजारी होत्र के बीच में सदा टेपी निवाल लेता था, ता पी बुद्ध में गरी पिगा था (क्याकि होत्र का हवा पैल कर इस छेद में निवल जाया करती थी)। यह चमत्कार कभी-कभी निग्याया जाता था, जब लोग बहुत कम पूजा पदान लगते थे।

बिना चाबी की घड़ी

बिना चाबी की एक घड़ी का वर्णन हम कर चुके हैं (प 117)। यह कहना गलत होगा कि उसमें चाबी की जरूरत नहीं थी, उसमें चाबी भादमी द्वारा नहीं वातावरण के दबाव में परिवर्तना से पडती रहती थी। इसी तरह की एक और पुद चाबी भरी जाने वाली घड़ी का वर्णन करते हैं, जिसका आधार तापीय प्रसारण है। इस घड़ी का यंत्र चित्र 77 में दिखाया गया है। इसके मुख्य पुर्जे हैं- छड Z_1 व Z_2 , जो एक विशेष प्रकार के अत्यधिक बड़े प्रसार गुणाक वाले



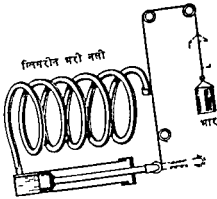
चित्र 77 स्वयं चाबी भरने वाली घड़ी।

धातु मिश्र से बने हैं। छड Z_1 चक्के λ से इस प्रकार टिका है कि गर्मी से होने वाले इस छड के रखिक प्रसार के कारण दति-चक्र थोड़ा घूम जाया करता है। छड Z को दतिचक्र Y के दात में इस प्रकार फँसाते हैं कि छड से छड Z में होने वाले रखिक सकोचन के कारण चक्का Y उसी दिशा में थोड़ा सा घूम जाता है। दोनों दति चक्र एक ही अक्ष W_1 पर लगे हैं, जिसके घूमने से बड़ा चक्का घूमने लगता है। बड़े चक्के में लगी क्लछिया नीचे के बरतन से पारा उठा कर ऊपर एक नानिका में ढाल देती हैं, जहाँ से वह कर पारा बायें चक्के की क्लछियो में ढलता है। इस क्रिया के कारण बाया चक्का भी घूमने लगता है और चैन Kk के सहारे चक्के K_1 (जो उसी के अक्ष पर लगा है) और चक्के k को घुमाने लगता है, आखिरी चक्का k_0 ही स्प्रिंग का मराडता है और चाबी पडती रहती है।

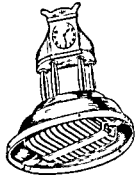
पारा बायें चक्के की क्लछियो में गिरने के बाद कहा जाता है? वह ढालू रखे बरतन R_1 में बहता हुआ पुन दाये चक्के के पास आ जाता है, ताकि फिर से अपनी यात्रा आरम्भ कर सके। स्पष्ट है कि ऐसा यत्र तबतक चलता रहेगा, जबतक छड Z_1 व Z छोटे-बड़े होते रहेंगे। और इसके लिय आवश्यक है कि हवा का तापक्रम बढ़ता घटता रहे। पर यही तो हमारा प्रयत्न के बिना खुद-ब-खुद होता रहता है परिवेश की हवा के तापक्रम में कोई भी परिवर्तन हो, छड छोटे या बड़े होते रहेंगे और घडी की स्प्रिंग धीमे धीमे ही सही, पर निरंतर ऐंठन खाती रहेगी।

इस घडी को हम 'शाश्वत' चलित कह सकते हैं? बेशक नहीं। घडी अनिश्चित लंबे काल तक चलती रहेगी, जबतक कि उसके पुर्जे घिस पिट नहीं जायेंगे। पर इसकी ऊर्जा का स्रोत परिवेशी हवा का ताप है। यह घडी नहे अशा में तापीय प्रसारण से प्राप्त बाय सचय करती रहती है, ताकि उसे घडी की सुइयो का निरंतर घुमाते रहने में खच कर सके। यह 'नि शुल्क' चलित है, क्योंकि इस अपना बाय सपन्न करने के लिये हमारी देख भाल और हमारी ओर से ऊर्जा खच करने की आवश्यकता नही पडती। पर वह "कुछ नहीं" से ऊर्जा नहीं प्राप्त करता उसकी ऊर्जा का स्रोत अतल सूरज का ताप है, जिससे पथ्वी गम होती है।

इसी तरह की बनावट वाली घडी का एक और नमूना चित्र 78 व 79 में दिखाया गया है। इसमें भी चाबी खुद-ब-खुद पडती रहती है। इसमें मुख्य भूमिका ग्लिसरिन की होती है, जो हवा के तापक्रम बढ़ने पर फैलता



चित्र 78 एक ग्रीर स्वकुच्यव घडी का आरेख



चित्र 79 स्वकुच्यक घडी, स्तम के भीतर ग्लिसरिन की नली छिपी है।

है ग्रीर एक बोझ को ऊपर उठाता है। बोझ नीचे वापस आने वक्त घडी को चलाता है। चूँकि ग्लिसरिन -30°C पर जमता है ग्रीर $+290^{\circ}\text{C}$ पर खोलना शुरू करता है इस प्रकार के यंत्र चौराहो आदि जसे खुले स्थाना के लिये उपयुक्त है। 2°C का तापक्रम परिवर्तन भी इस घडी के चलने के लिये पर्याप्त है। ऐसी एक घडी वा साल भर तक परीक्षण किया गया था। घडी ठीक-ठाक चलती रही हालाकि पूरे साल भर तक किसी ने उसे हाथ नहीं लगाया।

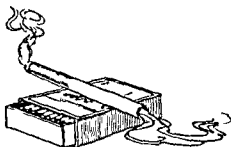
ऐसे ही सिद्धांत पर अधिक बडे चलितो का निर्माण लाभप्रद होगा या नहीं? पहली नजर मे लगता है कि ऐसे निशुल्क चलित काफी मिन व्ययी हगे, पर क्लन कुछ ग्रीर ही बताते हैं। साधारण घडी को 24 घटो तक चलाने के लिये सिफ $\frac{1}{4}$ किलोग्राम मीटर के करीब ऊर्जा की आवश्यकता पडती है। एक सेकेड मे व्यय होने वाली ऊर्जा एक किलोग्राम मीटर का 600 000-वा भाग होगी। चूँकि एक अश्व शक्ति 75 किलो ग्राम मीटर प्रति सेकेड के बराबर होती है, एक घडी की शक्ति एक अश्व शक्ति के 45 000 000-वे भाग के बराबर होती है। अत यदि पहली प्रकार की घडिया मे चलने वाले छडा या दूसरी प्रकार की घडियो मे व्यवहृत युक्ति की कीमत सिफ एक कोपेक ही आकी जाये, तो एक अश्व शक्ति वाले ऐसे चलित की कीमत होगी।

$$1 \text{ कोपेक} \times 45\,000\,000 = 450\,000 \text{ रुबल।}$$

एक भ्रष्ट शक्ति के लिये सगभग पाँच साध स्वल-“निशुल”
 पत्तिर के लिये कुछ ज्यादा ही महगा है

शिक्षादायक सिगरेट

डिब्बी पर जलती सिगरेट रखी है (चित्र 80)। उससे दोना सिरो
 स धुभा निवल रहा है। पर जलते सिरे से निवलता धुभा ऊपर की ओर
 प्रवृत्त हो रहा है और पिछले सिरे स निवलने वाला धुभा नीचे बैठ रहा
 है। क्या? आधिर दोना सिरो से एक ही प्रकार का धुभा निवल रहा
 है।

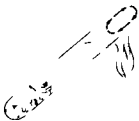


चित्र 80 धुभा सिगरेट के एक सिरे से निकल कर ऊपर उठता है और
 दूसरे से निकल कर नीचे बैठता है, क्यों?

हाँ, धुभा दोनो जगह एक ही है, पर जलते सिरे के ऊपर हवा की
 ऊर्ध्वमुखी सवहन धारायें हैं, जो धुए के कणा को अपन साथ ऊपर ले जाती
 हैं। पिछले सिरे से धुए के साथ निवलने वाली हवा ठडी हो जाती है
 और ऊपर की ओर प्रवृत्त नहीं होती, धुए के कणा को ऊपर नहीं ले
 जाती। और चूँकि धुभा हवा से भारी होता है, नीचे बठने लगता है।

बफ का टुकडा, जो खोलते पानी मे भी नहीं पिघलता

एक परख नली मे पानी भर ले और उसमे बफ का टुकडा डुबा दें।
 वह ऊपर नहीं तैर आये (बफ पानी से हल्की होती है), इसके लिये
 उस पर सीसे या ताबे को भारी गोली डाल दें। सिर्फ इस बात का ध्यान



चित्र 81 ऊपरी भाग में पानी खोल रहा है पर नीचे बर्फ नहीं गलती।

बर्फ नहीं पिघलेगी। यह एक छोटा सा चमत्कार ही है - खोलते पानी में भी नहीं पिघलने वाली बर्फ रहस्य यह है कि परख नली के पेंदे पर पानी नहीं खोलता, वह ठंडा ही रहता है। पानी सिर्फ ऊपर खोलता है। बर्फ 'खोलते पानी में नहीं है बर्फ खोलते पानी के नीचे' है। गर्मी से फल कर पानी हल्का हो जाता है और वह पेंदे की ओर नहीं जाता, परख नली के ऊपरी भाग में ही रह जाता है। गम पानी की सबहन धारणों परख नली के ऊपरी भाग तक ही सीमित रहगी पानी की परता का स्थानांतरण भी ऊपरी भाग तक सीमित रहेगा और नीचे की अधिक घनी परतों को स्पष्ट नहीं करेगा। नीचे के भाग में पानी सिर्फ ताप मुचालकता के कारण गम हो सकता है पर पानी की तापचालकता अत्यंत कम है।

बर्फ पर या बर्फ के नीचे?

पानी गम करने के लिये पानी से भरे बरतन को हम ली के ऊपर रखते हैं उसके बगल में नहीं। और बिल्कुल मही करते हैं, क्योंकि भाग की लपटा द्वारा गम हो कर हवा हल्की हो जाती है और सब तरफ से ऊपर की ओर उठती हुई बरतन को घेर लेती है।

अतः गम बिये जान वाल पिट को भाग के ऊपर रख कर हम स्रोत की ऊर्जा का अधिकतम उपयोग करते हैं।

लेकिन यदि किसी पिंड का बर्फ की सहायता से ठंडा करा जा हो, तो पिंड कहा रखना चाहिये? बहुत से लोग प्रादायम पिंड को बर्फ के ऊपर ही रखते हैं, — जैसे दूध का घड़ा बर्फ की मिल्की पर। यह विधि उतम नहीं कही जा सकती, क्योंकि बर्फ के ऊपर की हवा ठंडी हो कर नीचे बैठ जाता है और उमका स्थान पुन गम हवा से लेती है। इससे व्यावहारिक निष्पन्न निकलता है यदि पेय पदार्थ या घाना ठंडा करना चाहत है, तो उसे बर्फ के ऊपर नहीं, बर्फ के नीचे रखिये।

और सविस्तार समझान की कोशिश करते हैं। यदि पानी से भरा बरतन बर्फ पर रख दिया जाये, तो द्रव की मिश्रण गमयन निम्नी परत ठंडी होगी। पानी का बाकी भाग उसी हवा से घिरा रहेगा, जो अभी ठंडी नहा हुई है। इसके विपरीत, यदि बर्फ का टुकड़ा बरतन के ऊपर बरतन पर रख दिया जाय, तो भीतर की वस्तु शीघ्र ठंडी होगी। द्रव की ऊपरी परत ठंडी हो कर नीचे जायेंगी और नीचे की परत ठंडी हान के लिये ऊपर उठेगी। यह प्रक्रिया तब तक चलती रहेगी जबतक बरतन का सारा द्रव ठंडा न हो जाय।¹ इसके अतिरिक्त, बर्फ के इर्द गिर्द की हवा भी ठंडा हो कर नीचे बैठ जायेगी और बरतन का सारा भाग से घेर लेगी।

बद खिचकी से क्यों हवा बहती है?

जाड़ी में जब काफी ठंड पन्ती है, खिचिया की अच्छी तरह से बद करना पड़ता है, ताकि ठंडी हवा के घुमने के लिये कोई दरार न रह जाय। पर अक्सर ऐसी खिचिया से भी हवा बहती है। यह विचित्र सा लगता है पर इसमें आश्चर्य की कोई बात नहीं है।

कमरे में हवा कभी भी स्थिर नहीं रहती, उसमें अदृश्य धाराय बहती

¹ शुद्ध जल इस तरह 0°C तक नहीं सिर्फ +4°C तक ठंडा होगा, क्योंकि इस तापक्रम पर उमका घनत्व अधिकतम होता है। पर व्यवहार में पेय पदार्थों को शून्य तापक्रम तक ठंडा करने की आवश्यकता भी नहीं पड़ती।

रहती हैं और इसका कारण हवा का गम घ टडा होते रहना है। गम हो कर हवा विरल हो जाती है और इसीलिये हल्की हो जाती है, ठडी होने पर वह इसके विपरीत घनी हो जाती है, अतः और भारी हो जाती है। कमरे में स्थित ताप-दायक उपकरणों के कारण गम घ हल्की हवा ठंडी हवा द्वारा छत की ओर विस्थापित होती रहती है। खिडकी व दीवारों से ठडी होने वाली हवा नीचे फश पर बैठती जाती है।

कमरे में ये पवन धारारों गस वाली बलून की मदद से दिख सकती हैं, यदि बलून के साथ कोई थोडी भारी वस्तु बाध दी जाये, ताकि वह ऊपर छत से नहीं अडे, स्वतन्त्र रूप से कमरे में उडता रहे। ताप के स्रोत के पास छोडने पर बलून कमरे में हवा की अदृश्य धाराओं के साथ खिन्ता हुआ यात्रा करता रहेगा चूल्हे से खिडकी की ओर छत के सहारे और वहां से फश की आर और फिर चूल्हे की ओर, ताकि अपनी यात्रा पुन शरू कर सके।

इसी कारणवश जाडा में हमें लगता है कि खिडकी स हवा वह रही है, यद्यपि खिडकी के दरवाजे अचजी तरह बंद हैं और बाहर से हवा दरारों से हो कर भी भीतर नहीं आ सकती।

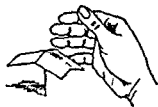
रहस्यमयी फिरली

महीन हल्के कागज को काट कर एक आयत बना लीजिये। इसे मध्य रेखाओं पर मोडने से आपको पता चल जायेगा कि इसका गुन्ध्रव केंद्र (मध्य रेखाओं का कटान बिंदु) कहा है। खडी सुई की नोक पर इस आयत को इस प्रकार रखें कि सुई ठीक इसी बिंदु पर टिक लगाये।

कागज का टुकडा सतुलन में रहेगा, क्योंकि वह गुन्ध्रव केंद्र के सहारे टिका हुआ है। पर हवा के हल्के थोके से भी वह चक्कर खाना शुरू कर देगा।

यहां तक इस उपकरण में कुछ भी रहस्यमय नहीं लगता। लेकिन आप चित्र 82 की भांति अपना हाथ इसके निकट लायें धीरे धीरे सावधानी से, ताकि हवा के झंठे से कागज उड न जाय। आप एक विचित्र चीज देखेंगे कागज फिरली की तरह घूमने लगता है—पहल धीमे और बाद में तेजी से। हाथ हटा लीजिये—घूमना बंद हो जायेगा। हाथ निकट लाइयें— फिर घूमने लगेगा।

पिछली शती के सत्तरवे वष के भास-भास कई लोग सोचते थे कि इस विचित्र घुणन का कारण हमारे शरीर का कोई अतौविक गुण है। आध्यात्मवाद के प्रेमिया को इस प्रयोग में अपने ढीले-ढाले अस्पष्ट सिद्धाता की पुष्टि नजर आनी थी, उन्हें लगता था कि मानव शरीर से सचमुच कोई रहस्यमयी शक्ति निकलनी है। पर कागज के घूमने का कारण बहुत ही सरल एव



चित्र 82 कागज का टुकड़ा घिरनी की तरह क्या घूमने लगता है ?

पूरी तरह से लौकिक है आप के हाथ से गम हो कर नीचे की हवा ऊपर उठती है और कागज से टकराते हुए उसे घूमने पर विवश कर देती है। यह बसा ही कुछ है, जैसी लप की गर्मी से घूमने वाली कागज की ऐंठन भरी पट्टिया होती हैं, क्योंकि आपने भी कागज को उसकी मध्य रेखाओं पर मोड़ कर उसके मित्र हिस्सा को हल्का झुकाव दे रखा है।

ध्यान से देखने वाले को पता चलेगा कि ऊपर वर्णित घिरनी एवमात्र कलाई से उगलियों की दिशा में घूमती है। इसका कारण यह है कि हथेली की तुलना में उगलियों के सिरे अधिक ठंडे होते हैं। इसीलिय हथेली के समीप हवा की अधिक सशक्त ऊर्ध्वमुखी सवहन धाराएँ बनती हैं और उगलिया के ताप से उत्पन्न धाराओं की अपक्षा कागज पर अधिक शक्ति से चोट करती हैं।¹

क्या फर-कोट गम करता है ?

आप उस आदमी को क्या कहेंगे, जा आपको विश्वास दिलाना चाहता है कि फर-काट गर्म नहीं करता ? आप शायद सोचेंगे कि वह मजाक कर

¹ आप यह भी देख सकते हैं कि ज्वर में या अधिक ताप की स्थिति में घिरनी और तेजी से घूमती है। कई लोगों को चक्कर में डालने वाले इस पानदायक प्रयोग पर एक छोटा मोटा शोध-काम भी लिखा गया था, जो 1876 में मास्को की चिकित्सा समाज के समक्ष पढ़ा गया (नि प नेचायेव, हाथ की गर्मी के कारण हल्के पिंडों में घुणन) ।

रहा है। और यदि वह अपनी बात प्रयोग के आधार पर सिद्ध करते ल तो? उदाहरणार्थ एा ऐसा प्रयोग करें। थर्मोमीटर म देख लें कि वह निज्ज तापक्रम बता रहा है और उस फर-कोट म लपेट कर रख दें। कुछ व बाद उस निवाल कर दें। आपको विश्वास हो जायेगा कि वह चर्षा डिशी तक भी नहीं गर्म हुआ है। गारा जहा का तहा रका है, थर्मोमीटर जितना तापक्रम पहले बता रहा था, उतना ही अब भी बता रहा है। यही प्रमाण है कि फर-कोट गम नहीं करता। यह भी शका की जा सकता है कि फर-कोट ठटा करते हैं। दो शीशिया म थोटा-थोटा बफ ले। एक को थमरे म घुला छोड दें और दूसरी को फर-कोट मे लपेट दें। जब थनी शीशी मे बफ पिघल जाये, फर-कोट से दूसरी शीशी निवाल आप देख कि इसमे बफ ने पिघलना शुरू भी नहीं किया है। इसका अर्थ है कि फर कोट गम तो क्या करेगा, उलटा ठटा करता है, जिससे बफ का पिघलना मद हो जाता है।

क्या आपत्ति कर सकते हैं आप? इन तर्कों को कैसे काटा जा सकता है? किसी भी तरह नहीं। फर-कोट सचमुच म गम नहीं करता, यदि 'गम करने' का अर्थ ताप देना माना जाये। बल्ब गम करता है, वन्हा गम करता है मानव शरीर भी गम करता है, क्योंकि ये वस्तुए ताप के स्रोत हैं। पर इस अर्थ म फर-कोट विल्कुल गम नहीं करता। वह अपनी ओर से ताप नहीं देता, वह हमारे शरीर से ताप के निकलने मे बाधा भर डालता है। इसीलिये उष्णरक्ती जीव, जिनका शरीर स्वय ही ताप का स्रोत होता है, फर-कोट मे अधिक गम महसूस करेगे, बनिस्वत कि उसके बगर। पर थर्मोमीटर खुद ताप को जम नहीं देता और इसीलिये उमे फर कोट मे लपेटने पर उसका ताप नहीं बढ़ता। फर-कोट म लपेटा गया बफ अपना कम तापक्रम देर तक सुरक्षित रख सकता है क्योंकि फर-कोट ताप का बहुत ही बुरा चालक है और इसीलिये थमरे मे स्थित हवा के तापक्रम को बफ तक आसानी से नहीं पहुचने देता।

फर-कोट की तरह बफ भी इसी अर्थ मे पथ्वी को गम करती है, सभी भुरभुरी वस्तुओं की तरह बफ भी ताप का कुचालक होती है और जमीन को ढक कर उसके अंदर की गर्मी निकलने से रोक्ती है। बफ की परत से ढकी जमीन म थर्मोमीटर अक्सर दस डिशी तक अधिक तापक्रम दिखाता है बनिस्वत कि ऐसी जमीन म जो बफ से ढकी न हो।

प्रश्न यदि पूछा जाये कि फर-बोट गम करता है या नहीं, उत्तर देना चाहिये कि फर-बोट हम अपने आप को खुद गम रखने में सहायक होता है। और भी सही होगा, यदि बहेंगे कि हम फर-बोट को गम करते हैं, न कि वह हम।

परी तले कौन सी ऋतु ?

जब पृथ्वी की सतह पर ग्रीष्म ऋतु हो, तीन मीटर की गहराई पर कौन सी ऋतु होगी ?

आप साचने हैं कि वहा भी ग्रीष्म होगी ? गलत है आप। पृथ्वी के तल पर और जमीन के अंदर गहराई में समान ऋतु नहीं होती। जमीन ताप का बहुत ही बुरा चालक है। लेनिनग्राद में जब सब कुछ जमा देने वाली बड़ी सर्दी पड़ती है, तब भी वहा दो मीटर की गहराई में तल पर होने वाले तापक्रम परिवर्तन जमीन में बहुत धीरे धीरे प्रसारित होते हैं और भिन्न गहराइयों तक पहुंचने में भिन्न समय लगाते हैं। उदाहरण के लिये, लेनिनग्राद क्षेत्र के एक स्थान स्लूत्स्का में ली गयी प्रत्यक्ष मापों से ज्ञान हुआ कि वहा जमान में तीन मीटर की गहराई पर वष का सबसे गम क्षण 76 दिन देर से पहुंचता है और सबसे ठंडा क्षण—108 दिन देर से। इसका अर्थ यह हुआ कि यदि पृथ्वी पर सबसे गम दिन 25 जुलाई का था, तो तीन मीटर की गहराई में सबसे गम दिन 9 अक्टूबर का होगा। यदि 15 जनवरी को सबसे ठंडा दिन था, तो उक्त गहराई पर यह दिन मई में आयेगा। अधिक गहराई पर ज्ञान से यह कालांतर और भी बड़े होंगे।

गहराई में तापक्रम परिवर्तन सिर्फ देर से ही नहीं पहुंचते, अपनी प्रचंडता भी खो बैठते हैं। कुछ विशेष गहराइयों पर इन परिवर्तनों का पता ही नहीं लगता, वे बिल्कुल लुप्त हो जाते हैं। ऐसी जगहों पर शताब्दियों तक एक स्थिर तापक्रम बना रहता है, जो दिव्य हुए स्थान के लिये वायुमय औसत होता है। पेरिस की वेधशाला के नीचे 28 मी की गहराई पर डेढ़ सौ साल से एक थर्मोमीटर रखा हुआ है जिसमें पाया इनने अर्थात् मैं अपने स्थान से हिला भी नहीं है और सदा एक ही तापक्रम ($+11.7^{\circ}\text{C}$) दशाता है। इस थर्मोमीटर को वहा नेबुन्निये ने रखा था।

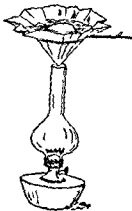
इस प्रकार जमीन के भीतर, जिन पर हम खड़े हैं, वह ऋतु कभी

नहीं होती, जो उष्णता सतह पर होती है। जब जमीन के ऊपर वायु का मासम होता है, तीन मीटर भी गहराई पर पतझड़ हा रहता है। वरु यह वसा पतझड़ नहीं है, जसा जमीन के ऊपर था। इसम तापक्रम वायु और नीचे होता है। जब जमीन के ऊपर ग्रीष्म होती है, गहराई में वायु जाड़े क क्षीण होते स्वर पहुच रहे होते हैं।

इस वात को ध्यान में रखना आवश्यक होता है, जब जमीन के धर रहने वाले जंतुओं और पौधों के भ्रूगत अवयवों के जीवन की परिस्थितियों का धारण बात बनती है। उदाहरणतया, हमें इस बात पर ध्यान नहीं होना चाहिये कि हमारे यहां के वृष्ण में जड़ों की काशिकामा का प्रवर्तन वर्ष के शीतकाल में ही होता है और तथाकथित कंबिजल रेणुओं की सन्धिना पूरी गर्मियों के लिये समाप्त हो जाती है। जमीन के ऊपर तने में ही इसका जलता होता है।

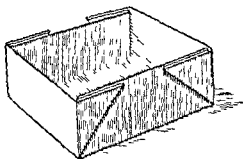
कागज की पत्तीली

चित्र 83 पर नजर डालिये कागज के दान में अडा उबल रहा है। आप कहेंगे, - 'कागज जल जायेगा और पानी नालटन को बुझा देगा'।



चित्र 83 कागजी पत्तीली में धटे का उबलना।

आप खुद ऐसा प्रयोग कर क देखें। इसक लिये चिमड़े कागज के एक टुकड़ से दोला बना ले और तार के गोल धरे में ठार से रख ले ताकि गिरे नहीं। आप देखग कि कागज को आग से कोई क्षति नहीं होखी। इसका कारण यह है कि खुले बरतन में पानी 100°C से अधिक तापक्रम तक गर्म नहीं जा सकता। सो डिग्री पानी का क्वथनांक है। इसीलिये कागज में खौपाया जाने वाला पानी, जिसकी तापमाहिता बहुत ही अधिक है, आग से कागज को मिले प्रतिरिक्त ताप को अपने में सोधता रहता है और कागज को 100 C से अधिक गर्म नहीं होने देता और यह तापक्रम इतना काफी नहीं है कि कागज



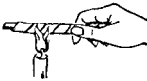
चित्र 84 पानी छोटाने के लिये कागज का डिब्बा।

जलने लगे। (चित्र 84 में दर्शाए कागज को ढब्बे की आकृति दे कर काम में लाना अधिक सुविधाजनक होगा)। कागज उस हालत में भी नहीं जलगा जब वह सीधे आग की सपटी में रखा होगा।

इसी तरह की परिघटना से संबंधित एक और प्रयोग है, जिसे अय-मनस्क लोग अनजान में किया करते हैं और जिसका परिणाम नुकसानदेह होता है बिना पानी रखे समोवार या केटली को गम करने से उनके झलया द्वारा जुड़े भाग अलग हो जाते हैं। कारण स्पष्ट है। जिस धातु से झलया का जाता है, वह आसानी से पिघलने वाला होता है पर पानी उसके तापक्रम को घटाने के निशान से आगे नहीं बढ़ने देता। झलया किये हुए पत्तिले को भी बिना पानी के गर्म नहो करना चाहिये। पुराने मशीन-गन "मक्सिम" में पानी खुद गम हो कर हथियार को पिघलने से बचाना था।

आप सीसे के टुकड़े को ताश के पत्तों से बनी डिब्बी में पिघला सकते हैं। इसके लिये शक्त यही है कि आग की लौ कागज के उसी स्थान पर लगनी चाहिये, जहाँ कागज सीसे को स्पश करता है। धातु ताप का अपेक्षाकृत अच्छा संचालक होता है, अतः वह तुरंत कागज से गर्मी ले लेता है और उस अपने गलनांक अर्थात् 335° से अधिक गम नहीं होने देता। यह तापक्रम कागज के जलने के लिये पर्याप्त नहो है।

निम्न प्रयोग भी आसानी से किया जा सकता है (चित्र 85) मोटी सी बीन या ताँहे की (बेहतर है—ताँबे की) छड़ पर कागज का पतला पीता पेंच की तरह कस कर लपेट लो। इसके बाद छड़ को लौ पर रखें। आग कागज को सपेट लेगी, कालिख से काला कर देगी, पर उसे तबतक



चित्र 85 अग्नि सह कागज ।

चित्र 86 अग्नि सह धागा ।

नहीं जला सकेगी, जबतक कि छड़ गम हो कर लाल न हो जाये। इसका रहस्य धानु की तापीय सुचालकता में है, काच की छड़ी के साथ ऐसा प्रयोग संभव नहीं है। चित्र 86 में चाबी पर कस कर लपेटे गये अग्नि सह" धागे के साथ प्रयोग दिखाया गया है।

बर्फ फिसलनदार क्यों है ?

साधारण बर्फ की अपेक्षा चिकने बर्फ पर फिसलना आसान है। इस हिसाब से ठोस बर्फ पर भी यही होना चाहिये खुदरी बर्फ की अपेक्षा समतल चिकनी बर्फ को अधिक फिसलनदार होनी चाहिये।

पर यदि आपको बर्फ पर फिसल कर चलने वाली छोटी स्लेज गाड़ी पर सामान रख कर खुदरे बर्फ की सतह पर खींचने का अवसर मिलता, तो आप जान गये हाते कि आशा के बावजूद गाड़ी चिकनी बर्फ की अपेक्षा रूखड़ी बर्फ पर अधिक आसानी से फिसलती है। दण की तरह चिकनी चौरस बर्फ की अपेक्षा रूखड़ी बर्फ अधिक फिसलनदार होती है। इसका कारण यह है कि बर्फ का फिसलनदार होना उसके चिकनेपन पर नहीं बल्कि विलुप्त ही दूसरी बात पर निर्भर करता है। रहस्य यह है कि दबाव के बल पर बर्फ का गलनांक कम हो जाता है।

पहले देखा जाये कि जब हम स्लेज पर या स्केटिंग के जूते पहन कर फिसलते हैं तो क्या होता है। स्केटिंग के जूते बर्फ से ढकी जमीन की कुछेक बग मिनिमीटर क्षेत्र पर ही स्पश करते हैं। हमारे शरीर का सारा भार इसी छोटे में क्षेत्र को दबाता है। यदि आपको अध्याय 2 की बात याद है तो आप फौरन समझ जायेंगे कि स्केटिंग-मशीन आसानी बर्फ को काफी बड़े बल से दबाता है। अधिक बड़े दबाव के कारण बर्फ कम तापक्रम पर ही पिघल जाती है। उदाहरण के लिये, यदि बर्फ का तापक्रम -5° है

घौर स्वेटिंग के जूने के कारण बर्फ पर पड़ने वाला दबाव उसके गलनाक का पाँच टिप्पणी से भी अधिक नीचे कर देता है, तो स्वेट के नीचे बर्फ पिघल जायेगी।¹ इसका क्या मतलब है? स्वेट घौर बर्फ व बीच पानी की पतली सी परत बन जाती है घौर स्लॉट-सवार फिसलन लगता है। उसके पैर जहाँ-जहाँ पड़ेंगे, यही होगा। हर जगह स्वेट के नीचे की बर्फ पानी की पतली परत में परिणत हो जायेगी। सभी जगह पिछो में एवमात्र बर्फ ही यह गुण रखती है, इसीलिए एव सोवियत भौतिकविद् ने बर्फ का "प्रकृति में एवमात्र फिसलनदार वस्तु" की उपाय दी है। बाकी पिछ चिक्ने हैं, पर फिसलनदार नहीं हैं।

अब हम अपने प्रश्न पर लौट सकते हैं कि कौन अधिक फिसलनदार है—चिक्नी बर्फ या रुखड़ी। हम जानते हैं कि कोई बोझ उतनी ही अधिक शक्ति से दबाता है, जितना कम उसके आधार का क्षेत्र होना है। आदमी किस स्थिति में आधार पर अधिक दबाव डालता है जब वह बर्फ की आइने सी चिक्नी सतह पर खड़ा होता है या रुखड़ी सतह पर? स्पष्ट है कि दूसरी स्थिति में, क्योंकि इसमें आदमी रुखड़ी सतह के चद उभरे स्थला पर ही टिका है। इन स्थला का कुल क्षेत्रफल काफी कम होगा, अतः इन पर दबाव काफी अधिक होगा। बर्फ पर जितना ही अधिक दबाव पड़ेगा, उतना ही अधिक द्रवण होगा और इसीलिए बर्फ उतनी ही फिसलनदार होगी

¹ सैद्धांतिक कलन किया जा सकता है कि बर्फ का गलनाक 1°C कम करने के लिये उसपर 130 kg/cm^2 का दबाव डालना चाहिये। स्लेज या स्केट बर्फ पर इतना बड़ा दबाव डाल सकते हैं? यदि स्केट-सवार के पूरे भार को स्केट व जमीन के स्पश-क्षेत्र पर समान रूप से वितरित किया जाये, तो काफी कम दबाव प्राप्त होगा। यह सिद्ध करता है कि स्केट का तल समान रूप से जमीन पर नहीं सटा रहता, उसका एव छोटा भाग ही जमीन से सटा होता है और बर्फ पर दबाव डालता है।

(सैद्धांतिक कलन इस मायता पर किया गया है कि बर्फ और उसके पिघलने से प्राप्त पानी एक ही दबाव में हैं। पर लेखक द्वारा वर्णित उदाहरण में बर्फ के गलने से बना पानी साधारण वात दाब में ही है। ऐसी स्थिति में बर्फ का गलनाक शून्य से नीचे करने के लिये अपेक्षाकृत कम दाब की आवश्यकता पड़ती है।—संपादक)

(यह उस स्थिति के लिये सत्य है, जब स्वेट का जमीन को स्पश करने वाला तल पर्याप्त चौड़ा होता है, काफी सखीण स्पश-तल हाने की वजह से बर्फ के उभरे भाग फसने लगते हैं और अधिकांश शक्ति इनको काटने में खर्च होने लगती है)।

अधिक दबाव के कारण बर्फ का गलनांक कम हो जाता है — इस तथ्य से दैनिक जीवन की अनेक घटनाओं को समझाया जा सकता है। इसी ध्रुवी के कारण बर्फ के टुकड़ा को आपस में जोर से दबाने पर वे जुड़ कर एक हो जाते हैं। बच्चे जब मुट्ठी भर भुरभुरे बर्फ को हाथ में रख कर दबाते हैं, तो वे अनजाने में इसी गुण का उपयोग करते हैं दबाव बढ़ा कर हिम-वर्णा के बीच के स्थान में द्रवण क्रिया आरंभ कर देते हैं। इससे प्राप्त द्रव दबाव दूर होने पर सभी हिम-वर्णा को एक-साथ जोड़ता हुआ पुनः जम जाता है और भुरभुरे बर्फ की जगह बर्फ का एकात्म शीला प्राप्त होता है। बर्फ की प्रतिभा बनाने के लिये जब हिम रेणुका पर बर्फ का तादा लूढ़काना शुरू करते हैं, तो हम यहाँ भी इसी गुण का उपयोग करते हैं लोदे के भार से उसके नीचे पड़ी हिम रेणुका की सतह पर द्रवण क्रिया शुरू हो जाती है। प्राप्त द्रव लोदे के साथ चिपकता हुआ जम जाता है (दबाव समाप्त होने पर) और लोदे को बड़ा करता जाता है। अब आप समझते होंगे कि बहुत कठक सर्दी में बर्फ की प्रतिभा गठना क्यों मुश्किल होता है। बर्फ के घूल-वर्ण आपस में चिपकते नहीं, इससे लिये बहुत अधिक दबाव की आवश्यकता पड़ती है। सड़क पर गिरे मुलायम बर्फ के फाड़े चलने वाली के भार से दब-दब कर पत्थर की तरह कड़ी परत बना देते हैं—यह भी इसी कारण से।

बर्फ की चुटिया ¹

बर्फ की चुटिया कैसे बनती होगी? किस प्रकार के मौसम में वह बन सकती है जब तापक्रम शून्य से थोड़ा ऊपर होता है या जब वह शून्य

¹ आपने बरसात में छप्पर की ओरी से गिरते हुए पानी की धार देखी होगी। आप कल्पना कर कि धार जस ही गिरना शुरू करती है, जम कर बर्फ में परिणत हो जाती है और छप्पर की ओरी से शीशे की

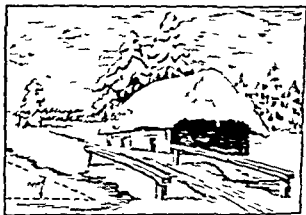
से नीचे होता है? यदि तापक्रम शून्य से अधिक हो, तो पानी जम कर बर्फ में परिणत नहीं हो सकता। यदि तापक्रम शून्य से कम था, तो फिर छप्पर पर से चूने के लिये पानी कहां से आया? और भ्रत में, यह भी संभव नहीं है कि पहले गर्मी थी और छप्पर पर से ठीक पानी चूने के क्षण हटात बहक सर्दी पड़ने लगी और चूने को तैयार पानी क्षण भर में जम कर बर्फ की चुटिया में परिणत हो गया।

बर्फ की चुटिया बनने के लिये आवश्यक है कि एक साथ ही दो भिन्न तापक्रम विद्यमान हों—प्रथमतः शून्य से अधिक, ताकि बर्फ गल सके और दूसरे, शून्य से कम, ताकि पानी जम कर बर्फ में परिणत हो सके।

वास्तविकता में यही होता भी है छप्पर के नत-तल पर सूर्य किरणें बर्फ को शून्य से अधिक तापक्रम तक गम करती हैं, जिससे यह पानी की नन्ही बूंदों में परिणत होन लगती है। बूंदें जब वहां से बह कर छप्पर की किनारी से चूने की तैयारी करन लगती हैं, जमने लगती हैं, क्योंकि यहाँ तापक्रम शून्य से कम है। बूंद के बाद बूंद आ आ कर जमती जाती हैं और प्राप्त हाती है शीशे की पारदर्शक बर्फ की सभी चुटिया।

निम्न स्थिति की कल्पना करो। आकाश साफ है। वातावरण का तापक्रम—1 या -2 डिग्री है। सूर्यकिरणों की वर्षा हो रही है। पर सूर्य की तिरछी किरणें धरती को इतना गम नहीं करती की बर्फ पिघल सके। सूरज की ओर वाले नत छप्पर पर किरणें इतनी तिरछी नहीं पड़ती, जितनी तिरछी जमीन पर पड़ती हैं। नत छप्पर पर किरणें लंब की ओर अधिक झुकी होती हैं (चित्र 87)। हमें ज्ञात है कि जिस तल पर किरणें गिरती हैं, उस तल के साथ किरणें जितना ही बड़ा कोण बनायेंगी, तल को उतना ही अधिक प्रकाश व ताप प्राप्त होगा। (किरणों का प्रभाव इस कोण के ज्या का समानुपाती होता है, चित्र 87 में दिखायी स्थिति में क्षतिज तल की अपेक्षा छप्पर के नत-तल का 25 गुनी अधिक गर्मी प्राप्त होती है, क्योंकि 20° कोण की ज्या की तुलना में 60° कोण की ज्या 25 गुनी अधिक बड़ी है।) यही कारण है कि छप्पर की ढलान

पारदर्शक चुटिया की तरह ज्या कि-रन्यो लटकी रह जाती है। इसे बर्फ की चुटिया कह सकते हैं। ठंडी जलवायु के देशों में जाड़े के दिनों छप्परों के चारों ओर बर्फ की अनेक चुटिया लटकी रहती हैं।—अनु



चित्र 87 सूय विरणों धीनिर घरानन का घग्घा नउ छप्परो को अधिग गम वग्गी है (मरुवावें काग को मान बउा रही है) ।

अधिग गम हातो है और उन पर को बफ पिधत सकतो है। पिधता हुआ पानी दनान पर बहता है और बूदा के रूप न चून की तनारी करता हुआ विनारी स नाव की ओर सडवता है। पर यहा छप्पर के नीचे तापक्रम शून्य स कम है, अत बूद जम जाती है (उते ठडा करन मे वाष्पीकरण का भी हाय होना है)। जमी बड पर दसरो बूद लुङ्क जाती है और वह भी इसी प्रकार जम जाती है। इसी प्रकार धीरे धीरे बफ का एक उभार सा बन जाना है। अगली बार जब ऐसा ही मौसम आता है, तो ये उभार कुड और लवे हा जाते हैं और अत मे चुटिया का रूप धारण कर लेते हैं। इस विधि से उन घरों के छप्परा पर बफ की चुटियां बनती हैं जिनमें कोई तापदायक प्रणाली नहा लगी होनी।

यही कारण¹ हमारी आखा के समथ नही अधिक बडी सवनिया को

¹ यह एक मुख्य कारण है, पर सर्वोत्तम नही है। दिन की सवाई अर्थात वह अतराल, जिसके दरम्यान सूय पृथ्वी को गम करता है—यह भी एक कम महत्वपूर्ण कारण नही है। पर दोनों ही कारण एक खगोलीय तथ्य से उत्पन्न होते हैं। यह तथ्य है पृथ्वी द्वारा सूर्य के शिा परिचरण के तल के साथ पृथ्वी की घुरी का चुकाव।

जन्म देता है जलवायवीय कटिबंधों व ऋतुओं में जो भिन्नता होती है, इसका कारण मुख्यतः सूर्य किरणों के आपतन कोण का परिवर्तन ही है। सूरज हम से जाड़ा में लगभग उतनी ही दूरी पर होता है, जितनी गर्मियाँ में, ध्रुवों और विष्वक् रेखा से भी उसकी दूरियाँ समान ही हैं (इन दूरियों में अंतर इतना कम है कि उसकी उपेक्षा कर सकते हैं)। पर सूर्य किरणों के झुकाव का कोण विष्वक् के पास वही अधिक बड़ा है, वनिस्वत कि ध्रुवों के पास, गर्मियाँ में यह कोण बड़ा होता है, वनिस्वत की जाड़ा में। इसी कारण से दैनिक तापक्रम में काफी अंतर रहता है और इसीलिये प्रकृति के पूरे जीवन में भी भिन्नता आ जाती है।

विशेष यत्र—पैटाग्राफ (चित्र 89)—की सहायता से उसे छोटा भी कर सकते थे।

आप यह न सोचें कि सीधा-सादा काला पुता ट्यूबा चित्र व्यक्ति की विशेषताओं को नहीं व्यक्त कर सकता। इसके विपरित, अच्छा सिलुएट आदमी को बहुत सही तरह दिखा सकता है।

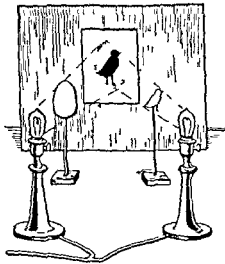
सरल परिरेखाओं द्वारा मूल से मिलता-जुलता चित्र देने की क्षमता के कारण कई चित्रकार छाया चित्रण की ओर आकर्षित हुए और पूरे के पूरे प्राकृतिक दृश्यों आदि को भी इसी रूप में चित्रित करने लगे। सिलुएटी चित्रण धीरे-धीरे एक विशेष शैली में परिणत हो गया, जिसे अनेक चित्रकारों ने अपनाया।

“सिलुएट शब्द का उदभव बहुत ही मजेदार है XVIII-वीं शती के मध्य में फ्रांस के वित्त मंत्री एथेन दे सिलुएट थे, जो अपने समकालीनों को मितव्ययता का उपदेश दिया करते थे। उन्हें उच्चवर्गीय लोगों से विशेष शिकायत थी कि वे चित्रों के पीछे बहुत धन खर्च करते थे। छाया चित्र के सस्तेपन के कारण कुछ मजाकिया लोग उन्हें “a la Silhouette (सिलुएट का) चित्र कहने लगे।

अडे में चूजा

अपने मित्रों को एक मनोरंजक खेल दिवाने के लिये आप छाया के गुणा का उपयोग कर सकते हैं। तिनचट कागज का एक पर्दा बना लीजिये। एक बड़े गत्ते में आयताकार छेद कर के इसमें तिनचट कागज लगा दें। काम चल जायेगा। पर्दे के पीछे दा लप रख दीजिये। दशक पर्दे की दूसरी ओर बठेंगे। एक लप (उलाहरणाथ दाया) जलायें।

जलते लप और पर्दे के बीच एक अडाकार गता तार से लटका दें या स्तम्भ पर घड़ा कर दें। दूसरी ओर बठे दशका को पर्दे पर अडा लियेगा। (दाया लप अभी जला नहीं है।) अब आप मित्रों से कहें कि आप एक्कर की मशीन चालू करन जा रहे हैं, जिससे अडे में बठे चूजे को देखा जा सकेगा। और सचमुच में क्षण भर बाद दशक लखन है कि अडे का सिलुएट विनारिया पर घड़ा प्रकाशमान हो रहा है और उमने बीच-बीच चूजे का स्पष्ट सिनुएट दिख रहा है (चित्र 91)।



चित्र 91 मिथ्या एक्सरे चित्र

जादू का रहस्य क्या है? आप दाया लप जलाते हैं। उसकी किरणों के पथ पर गत्ते की बनी चूजे की पर्यावृत्ति रखी हुई है, जो पर्दे पर चूजे का सिलुएट देता है। अडाकार छाया का कुछ भाग दायें लप के वारण प्रकाशमान हा जाता है, पर पर्दे के जिस स्थान पर चूजे का सिलुएट है, वहा न दायें लप का प्रकाश पडता है, न दायें का। इसीलिये अडा अपनी विनारी पर प्रकाशमान हो उठता है और चूजे का सिलुएट अधिक स्पष्ट (काला) दिखता है। पर्दे की दूसरी ओर बठे दशक, जा आपके कारनामा से अनभिज्ञ हैं, यदि भौतिकी और शरीरक्रिया विज्ञान का ज्ञान नही रखते, तो सोचेगे कि आप सचमुच अडे का एक्सरे कर रहे हैं।

फाटूनी फोटोग्राफी

बहुत कम ही लोग जानते होंगे कि फोटो-कमरा बिना विशानक शीशे (लेस) का भी होता है। लस की जगह सिफ छोटे से गाल छेद से भी काम चल जायेगा। इसमे चित्र कुछ कम स्पष्ट मिलते हैं। बिना लेस वाले कमरो का एव मनोरजक रूप है 'जिरीदार कमरा। इसमे गोल छेद की



चित्र 92 शिरीदार कमरे से प्राप्त काटूनी फोटो ग्राफ। चित्र क्षैतिज लमबा हुआ है।



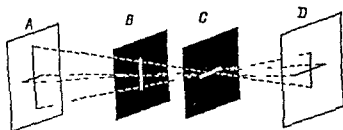
चित्र 93 उदग्र लमबा हुआ काटूनी फोटोग्राफ (शिरीदार कमरे से प्राप्त)।

बजाय एक दूसरे को काटने वाली दो महीन दरार होती हैं। कमर क अग्र भाग में दोहरी दीवार होती है एवं पर शिरी क्षतिज होती है और दूसरी पर इसके अभिलंब। जब दोनों दीवारों एक-दूसरी से सटी होती हैं, तो चित्र यथा ही प्राप्त होता है, जसा गोल छेद वाले कमरे से। लेकिन यदि दीवारों के बीच कुछ दूरी हो (जहाँ इस तरह बनाया जाता है कि खिसकायी जा सके), तो कुछ और ही नजर आता है। चित्र हास्यजनक रूप से विकृत हो उठता है (चित्र 92 वा 93) फोटोग्राफ नहीं काटून प्राप्त हो जाता है।

इस विकृति का क्या कारण है ?

चित्र 94 की स्थिति पर गौर कर क्षतिज शिरी उदग्र शिरी के अग्र है। आवृत्ति D (त्रौस) की उदग्र रेखा से चलती किरण प्रथम शिरी C को उसी तरह से पार करेगी, जस साधारण छेद को, पीछे की उदग्र शिरी इन किरणों के पथ पर कोई प्रभाव नहीं डालेगी। अतः दूधिये शीशे A पर उदग्र रेखा के बिंदु का पमाना दूधिये शीशे A और दीवार C के बीच की दूरी के अनुरूप होगा।

शीशे पर क्षतिज रेखा (यदि शिरिया की स्थितिया नही बदली ह) कुछ और तरह की हागी। पहली (क्षतिज) शिरी से किरणें बिना एक



चित्र 94 शिरीगर कमरा विकृत आकृति क्यों देता है ?

दूसरे का बाटे निर्वाध पार हो जायेंगी। उदग्र शिरी B को वे उमी तरह पार करेगा, जस छोटे छिद्र को। इससे दूधिये शीशे पर उस पैमान का बिब मिलगा, जो A से दीवार B तक की दूरी के अनुरूप होगा।

यदि संक्षेप में कहें, तो उदग्र रेखाया के लिये माना सिफ भ्रगली (क्षतिज) शिरी रहती है और क्षतिज रेखाया के लिये—सिर्फ पिछली (उदग्र)। और चूकी भ्रगली शिरी पिछली की अपेक्षा दूधिये शीशे से कही दूर है, इसलिये दूधिये शीशे A पर सभी उदग्र लबाइया क्षतिज लबाइया की तुलना में कही बड़ी होगी बिब खड़ी या उदग्र दिशा में लमड़ी हुई लगेंगी।

इसके विपरीत, यदि उदग्र शिरी आगे हो और क्षतिज पीछे, तो बिब क्षतिज दिशा में लमड़ा हुआ मिलेगा (तुलना करे चित्र 92 व 93)।

स्पष्ट है कि यदि शिरिया एक दूसरे के सापेक्ष तिरछी हों, तो विकृति कुछ और ही प्रकार की प्राप्त होगी।

ऐसे कैमरों का उपयोग सिफ काटूनी फोटोग्राफ के लिये ही नहीं किया जाता। उसे दूसरे आवश्यक व व्यावहारिक कार्यों में भी काम में लाया जा सकता है। उदाहरण के लिये, भवना, कालीना आदि को सजाने के लिये बेल-बूटो की लबाई-चौड़ाई बदलने के लिये भी इसका उपयोग किया जा सकता है, ताकि बेल-बूटे किसी खास दिशा में लमड़े या सिकुड़े हुए दिखें।

सूर्योदय से संबंधित प्रश्न

माना कि आप 5 बजे सुबह सूर्योदय का भवलोकन कर रहे हैं। शांत है कि प्रकाश का गमन क्षणिक क्रिया नहीं है, स्रोत से प्रेक्षक की आंखों

ता धान में यह कुछ समय लगता है। आप ऐसा प्रश्न पूछा जा सकता है कि प्रकाश का प्रसार क्षणिक होता, तो क्या सूर्योत्पन्न धूप तब तक बजे देख सकते?

सूर्य से पृथ्वी तक धान में प्रकाश को वाई 8 मिनट लगते हैं। यदि प्रकाश का प्रसार क्षणिक है तो इस दूरी से सूर्योत्पन्न हम 8 मिनट पहले, अर्थात् 4 बजे कर 52 मिनट पर दिखना चाहिये।

बहुता को शायद विश्वास नहीं होगा कि उत्तर बिल्कुल गलत है। सूरज के 'उदय होने' का कारण यह है कि पृथ्वी अपनी सतह के नये नये बिंदुओं का पहले से प्रकाशमान घ्योम की ओर घाती रहती है। इन प्रकाश के क्षणिक प्रसार के बावजूद भी सूर्योत्पन्न आपको उसी क्षण दिखता, जिसे क्षण अभी, अर्थात् प्रकाश के त्रिमिक प्रसार की स्थिति में लिखता है। धूप शब्द में, सूर्योदय आपको ठीक 5 बजे ही दिखेगा।¹

यदि आप टेलिस्कोप द्वारा सूर्य की किनारी पर किसी धब्बे या प्रावर्ध के प्रादुर्भाव का प्रेक्षण कर रहे हैं, तो बात दूसरी है। यदि प्रकाश का प्रसार क्षणिक होता तो ऐसी घटना का अवलोकन आप 8 मिनट पहले करते।

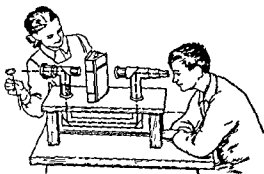
¹ यदि तथाकथित 'वातवरणीय अपवतन' का ध्यान में रखा जाये, तो परिणाम और भी आशातीत होगा। अपवतन हवा में प्रकाश के पथ को मोड़ देता है और इसीलिये हम सूरज को उनके ज्यामितीय रूप से क्षितिज के ऊपर उठने के थोड़ा पहले ही देख लेते हैं। पर क्षणिक प्रसार की स्थिति में अपवतन संभव नहीं है। अपवतन तभी हो सकता है जब भिन्न माध्यमों में प्रकाश का वंग भी भिन्न हो। अपवतन की अनुपस्थिति के कारण प्रेक्षक को प्रकाश के क्षणिक प्रसार की स्थिति में सूर्य कुछ देर से ही दिखेगा बनिस्वत कि उस स्थिति में जब प्रकाश का प्रसार त्रिमिक होता है। समय का अंतर प्रेक्षण-स्थान के अक्षांश वातावरण के तापक्रम तथा अन्य परिस्थितियों पर निर्भर करता और उसका मान दो मिनट से लेकर कुछ दिना तक (ध्रुववर्ती अक्षांश पर इससे भी अधिक) होता। आप यहां एक दिलचस्प विरोधाभास देख सकते हैं प्रकाश के क्षणिक (अर्थात् अतः क्षिप्र) प्रसार से सूर्योदय कुछ देर से दिखता, बनिस्वत कि उसके त्रिमिक प्रसार से! इस प्रश्न के बारे में और नयी बातें जानने के लिये देखें मेरी पुस्तक 'क्या आप भौतिकी जानते हैं?'।

अध्याय 8

प्रकाश का परावर्तन एवं अपवर्तन

दीवार के पार देखना

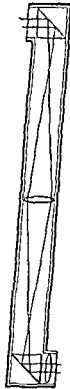
पिछली शती की नली दशब्दी में एक मनोरञ्जक उपकरण बिका करता था, जिसका नाम था 'एक्सरे उपकरण'। उस समय में स्कूल में पढता था और मुझे याद है कि इस घूत उपकरण ने किस तरह मुझे चक्कर में डाल दिया था। इसमें एक नली थी, जिसकी सहायता से बिल्कुत अपारदर्शक वस्तुओं के पार भी देखा जा सकता था। इस नली से मैं सिर्फ मोटे कागज ही नहीं, छूरी की मोटी पत्ती के पार भी वस्तुएँ साफ-साफ देख सकता था। ऐसी पत्ती को एकत्र किरणें भी बेघने में असमथ हैं। इस खिलौने की सरल बनावट का रहस्य आपके लिये स्पष्ट हो जायेगा, यदि आप चित्र 95 पर एक निगाह डालेंगे। चित्र में उक्त नली का प्रतिरूप दियाया गया है। 45° के कोण पर डूबे चार दपण किरणा को इस प्रकार परावर्तित करते हैं, कि किरणा का पथ अपारदर्शक वस्तु के नीचे हो जाता है और फिर अपारदर्शक वस्तु के पार स्थित वस्तु तक पहुँच जाता है।



चित्र 95 मिथ्या एक्सरे का उपकरण



चित्र 96 पेरिस्कोप



चित्र 97 पनडुब्बी
के पेरिस्कोप का
आरेख

युद्ध में ऐसे उपकरणों का उपयोग काफी प्रचलित है। 'पेरिस्कोप' (चित्र 96) नामक उपकरण की सहायता से आप खाई में बड़े-बड़े शत्रु की गति विधि देख सकते हैं, इसका लिये आपको अपना सर बाहर निकालने और दुश्मन की गोली खाने का खतरा मोल नहीं लेना होगा।

पेरिस्कोप में प्रकाश के प्रविष्ट होने की जगह से प्रेक्षक की आँख तक की दूरी जितनी लंबी होगी, उपकरण द्वारा दिखने वाला क्षेत्र उतना ही सीमित होगा। दृश्य-क्षेत्र को विस्तृत करने के लिये ऑप्टिक (प्रकाशीय) शीशों के तंत्र का उपयोग करते हैं। पर शीशे पेरिस्कोप में प्रविष्ट होना

वाले प्रकाश के कुछ भाग को अवशोषित कर लेते हैं और इसके कारण दृश्य की स्पष्टता धुरी हो जाती है। ये बातें परिस्वोप की ऊर्ध्व का सीमित कर देती हैं। 20 मिटर से अधिक ऊँचे परिस्वोप में दृश्य-शोध अत्यंत सञ्चिन् हो जाता है और दृश्य बिलुप्त अस्पष्ट सा हो जाता है। बारीक लिन में अस्पष्टता और भी बढ़ जाती है।

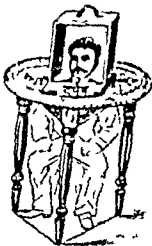
पनडुब्बी के कैप्टेन भी भात्रमक जहाजा का परिस्वोप की मदद में ही चेंघते हैं। यह एक सखी नली होती है, जिसका एक सिरा पानी के ऊपर होता है। ये परिस्वोप यत्न पर प्रयुक्त परिस्थिति में कही अधिक जटिल होते हैं, पर सिद्धांततः दोनों में कोई फरक नहीं होता। किरणें दर्शन (या प्रिन्स) से परावर्तित हो कर नली के भात्रर अग्र भाग जाती हैं और निचले भाग में पुनः परावर्तित हो कर प्रेशक की प्रांगण तर पट्टेचना है (चित्र 97)।

“क्या हुआ” सर कसे बोलना है

यह चमत्कार अक्सर मोलाबाजारा प्रांति में लिखित है। रहस्य में अनभिन्न व्यक्ति का यह निरवयव ही भात्रनपचिन् कर देता है। आप अपने समक्ष एक छाया टेबुल दखत हैं जिस पर एक मान ग्या होता है। यत्न में जाना है। आदमी का जाना-जागता मन, जो पत्तों कागजाना है, बोलता है, खाता है। देखन पर लगता है कि टेबुल का नीचे छट छिमान की कोई जगह नहीं है। आपका टेबुल के बायीं निकट नहीं मान लिया जाता, टेबुल और आप के बीच खसिया का एक पंरा हाता है, फिर भी आप स्पष्ट देख सकते हैं कि टेबुल के नाच कुछ भी नहीं है।

यदि आपको यह चमत्कार दखन का फिर मौला मिन, ता बागज का एक मुँहे चुड़े टुकड़े का टेबुल का नीचे खानी म्यात में पें दीजियेगा। रहस्य तुरत घुल जायगा बागज ट्यगन कर गिर जायेगा। प्राइन से। यदि बागज का टुकड़ा टेबुल तक नहीं भी पहुँचे, ता भी प्राइन के सिवे छिपना मुश्किल हा जायगा, क्याकि उमम बागज का प्रतिबिम्ब दिख जायेगा (चित्र 98)।

टेबुल का परा का बाव दान का नीवार उगा देता ^{परन्तु खोज} ताकि उसका नाच का ध्यान दूर से खानी दिखे। ^{जहिल है कि कबरे का}



चित्र 98 बटे सर का रहस्य।

डब्बा साया जाता है, जिसमें (जादूगर के अनुसार) 'बिना घड के जिदा सर' रखा होता है। पर दरअसल डब्बे में कुछ भी नहीं होता। जादूगर इस डब्बे को टेबुल पर रखता है, उसके सामने की दीवार हटा देता है और आश्चर्यचकित दर्शकों के सामने बोलता सर प्रकट हो जाता है। पाठक शायद समझ गये होंगे कि टेबुल के ऊपरी तट्टे पर एक छिपा हुआ ढक्कन सा होता है जिसमें नीचे बठा आदमी खिसका कर छेद से अपना सर ऊपर निकाल लेता है। यह सारा काय आसानी के साथ संपन्न किया जा सकता है क्योंकि डब्बे में नीचे से पैदा नहीं होता। जादू और कई तरीकों से दिखाया जा सकता है पर उन सभी का वर्णन हम नहीं करेंगे, उन्हें देख कर पाठक जाना रहस्य स्वयं समझ जायेंगे।

आगे या पीछे ?

घरेलू सामानों में कई ऐसी चीजें हैं जिनका व्यवहार अनेक लोग उपयुक्त ढंग से नहीं करते। इसके पहले हम बता चुके हैं कि कई लोग ठंडा करने के लिये बर्फ का उपयोग सही तरीके से नहीं करते वे पेय

दुग्ध या गन्ना दूध में शर्करा मिलाती गरी हान गतिने, दोवार और छत पर जल रग होने चाहिये उन पर भारी गारागी या बन-बूटे नहीं होने चाहिये और दगरो का पर्याप्त दूरी पर रखना चाहिये।

रहस्य इतना सरल है कि हकीम भाती है, पर जब तक उसका पता न चल जाय भ्रान्ती भावचयन डूबा रहना है।।

कभी-कभी जादू और अमरसार तरीक से दिखाया जाता है। जादूगर पहले घाली टेबुल दिखाता है उसके ऊपर और नीचे कुछ भा नहीं होता। इसके बाद पर्दे के पीछे से ब

श्री बर्फ के ऊपर रखते हैं, जब कि उसे बर्फ के नीचे रखना चाहिये।
 पात होता है कि कई लोग साधारण दूध को व्यवहार में लाना नहीं
 जानते। आईने में झुंझी तरह से दिखने के लिये लोग धूम्र ही सप अपने
 पीछे रख देते हैं ताकि "प्रतिबिम्ब पर प्रकाश पड़े", जबकि उन्हें घुद पर
 प्रकाश डालना चाहिये। बहुत सी श्रौत इसी प्रकार दूध का प्रयोग करती
 हैं। आशा है कि हमारी पाठिकायें निश्चय ही तैप अपने भागों रचा करेगी।

क्या घ्राप दूध को देख सकते हैं ?

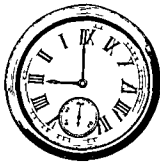
साधारण आईने को भी झुंझी तरह नहीं जानने का एक और प्रमाण
 अधिकारण लाग शीपक में दिष्ट गये प्रश्न का उत्तर गलत देते हैं यद्यपि
 आईने में हर दिन देखा करते हैं।

जो लोग सोचते हैं कि दूध को देखा जा सकता है, वे गलत हैं।
 झुंझा और साफ-सुथरा दूध अदृश्य होता है। घ्राप दूध का फ़ैम देखा
 सकते हैं, जम्बा किनारा देख सकते हैं, जम्ब प्रतिबिम्बित वस्तुओं को देख
 सकते हैं, पर यदि गढा नहीं है, तो उस घ्राप नहा देख सकते। कोई भी
 परावर्तक सतह अपने घ्राप में अदृश्य होती है। उसमें और प्रकीर्णक सतहों
 में यही पक् है (प्रकीर्णक ऐसी सतह को कहते हैं, जो प्रकाश किरणों का
 हर समान दिशा में फैकती रहती है। वार जाल की भाषा में परावर्तक सतह
 को हम चिकनी, चमकीली या पॉलिश की हुई सतह कहते हैं और प्रकीर्णक
 का - रुखड़ा, चमकीला घ्राप)।

दूध का उपयोग करण वाना हाथ की सपाइया, जादू आदि इसी
 तथ्य पर आधारित हैं कि दूध खुद अदृश्य रहता है, दृश्य हानी हैं सिफ
 जम्ब प्रतिबिम्बित वस्तुएँ। बिना घड क सर वाला जादू भी इसी तथ्य पर
 आधारित है।

दूध में हम किम देखते ह ?

' जाहिर है कि घुद अपने का। - बहुत से लोग उत्तर दगे। - दर्पण
 में हमारा बिम्ब हमारी खुद की नकल है, हमारा खुद का चित्र है और
 ह तरह से हमसे मिलता-जुलता होता है"।



चित्र 99 ऐसी ही घड़ी आपके हमशकल के पास है जिसे आप आईने में देखते हैं।

हमशकल की आदतें ठीक उल्टी हैं वह घड़ी बायीं जेब में रखता है और डायरी दायीं जेब में। उसकी घड़ी के डायल पर नजर डालिये। आपके पास ऐसी घड़ी कभी नहीं थी उसमें अको की स्थितिया और लिखावट बिल्कुल असाधारण सी हैं, उदाहरणार्थ, अक आठ दुनिया में नहीं भी इस प्रकार नहीं लिखा जाता— IIX, और वह लिखा भी गया है बारह की जगह पर। बारह उसमें है ही नहीं, छे के बाद पाँच आता है, आदि आदि। इन सब बातों के अतिरिक्त, आपके हमशकल की घड़ी में सुझा उल्टी घूमती हैं।

और अतः में, आपके दपणी हमशकल में एक शारीरिक ऐब है, जो, मैं सोचता हूँ, आप में नहीं है वह वाम-हत्या है वह लिखने, खाने आदि का काम बायें हाथ से करता है, और यदि आप उससे हाथ मिलाना चाहेंगे, तो वह अपना बाया हाथ बढ़ायेगा।

यह तय करना बिल्कुल कठिन है कि आपका हमशकल पढ़ा लिखा भी है या नहीं। उसके हाथ में पड़ी पुस्तक से आप एक पक्ति भी शायद नहीं पढ़ सकेंगे और जो कुछ वह बायें हाथ से लिखता है, उससे आप एक शब्द भी नहीं समझ सकेंगे।

आपके साथ पूरा सादृश्य का दावा रखने वाले आदमी का यही चित्रण है। और आप उसके आघार पर खुद के बारे में अपने खयाल बनाते हैं

मजाक बंद किया जाये यदि आप सोचते हैं कि आईने में झाँकते वक्त आप खुद को देखते हैं, तो यह आप की गलतफहमी है। अधिकतर लोग

के मुख, घड, कपडे आदि पूणतया मममित (सिमेट्रिकल) नही होते (और इस पर हमारा ध्यान भी नही जाता) शरीर का वामाघ दक्षिणाघ के साथ पूणतया सादृश्य नही रखता। हमारे शरीर के दायें अघ के गुण दपण मे वामाघ के गुणा मे परिणत हो जाते हैं और इसके विपरीत वामाघ के गुण दायें अघ मे चले जाते हैं। इसी कारण दपण मे हम नही, कोई दूसरा ही होता है, जिसके साथ हमारा बहुत कम मेल बैठता है।

दपण के समक्ष चित्र बनाना

मूल वस्तु और दपण मे उसके प्रतिबिंब की असादृश्यता निम्न प्रयोग द्वारा और अच्छी तरह देखी जा सकती है।

टेबुल पर अपने सामने उदग्र रूप से एक दपण खड़ा करें। उसके समीप एक सादा कागज रख कर कोई त्रिभुज या समांतर चतुर्भुज का चित्र बनायें। शस्त यही है कि आप कागज व अपना हाथ सीधे न देखें, दपण मे उनके प्रतिबिंब को देखते हुए काम करें।

जल्द ही आप मान लेंगे कि काम सिर्फ देखने मे आसान है, करने मे नही। क्यों की सभी अवधि के दौरान हमारी दृश्यानुभूतियो व गत्यात्मक संवेदनाओं के बीच एक विशेष प्रकार का मेल बैठ जाता है। दपण इस मेल को तोड़ देता है, क्योंकि वह हमारे हाथ की गति हमारी आँखो को सही नही, विवृत रूप मे दिखाता है। अस्तों से बनी आदत आपकी हर गति का विरोध करेगी आप दायी ओर रेखा खींचना चाहेगे और हाथ बायी ओर खींचेगा, आदि आदि।



चित्र 100 दपण मे देखकर चित्र बनाना।

आपको और भी आशातीत विचित्रतायें देखन को मिलेंगी, यदि आप सरल आकृतियों की बजाय अधिक जटिल चित्र बनाने का प्रयास करें। आइने में देखते हुए कुछ लिखने का प्रयास करना और भी हास्यजनक परिणाम देगा।

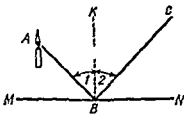
स्याही से कुछ लिख कर उस सोखने से दवायें। सोखने पर प्राप्त छाप भी दर्पणी सममिति का चित्र होता है। आप उस पर उगी लिखावट को पढ़ने की कोशिश करें। यदि वह बिल्कुल स्पष्ट होगी, तो भी आपके पल्ले शायद ही कुछ पड़ेगा (अक्षरों का झुकाव अनुमाधारण होगा वे बायीं ओर को झुके होंगे) और सबसे मुख्य बात यह होगी कि उन लकीरों का क्रम वैसा नहीं होगा, जिनके हम आदी हो चुके हैं। लेकिन सोखने के पास लंब रूप से दपण लाने पर अक्षरों के ऐसे प्रतिबिंब प्राप्त होंगे, जिनके हम आदी हैं। इसमें दपण उस चीज का सममित बिंब देता है, जो छुद अपने आप में साधारण लिखावट का सममित चित्र है।

नवी-तुली जल्दीबाजी

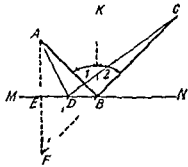
हमें ज्ञात है कि समरूप माध्यम में प्रकाश सरल रेखा, अर्थात् लघुतम माग पर अमण करता है। पर प्रकाश उस स्थिति में भी लघुतम माग चुनता है, जब उसे एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक सीधे नहीं, किसी दपण से परावर्तित होने के बाद उस तक पहुँचना होता है।

आइये, उसके माग का अनुसरण करें। माना कि चित्र 101 में A प्रकाश-स्रोत को चोतित करता है रेखा MN—दपण को। भजित रेखा ABC मामबती से आख C तक पहुँचने के लिये किरण का माग है। सरल रेखा KB लंब है MN पर।

प्रकाशिकी के नियम से परावर्तन कोण 2 बराबर है आपतन कोण 1 के। इसे जानने के बाद सरलतापूर्वक सिद्ध किया जा सकता है कि A से दपण को छू कर C तक पहुँचने के लिये जितने भी सम्भव पथ हैं, उनमें ABC सबसे छोटा (लघुतम) है। इसके लिये किरण-पथ ABC की तुलना किसी दूसरे पथ ADC के साथ करते हैं (चित्र 102)। MN पर बिंदु A से लंब डालें और उसे बिंदु F तक बढ़ायें, जहाँ वह किरण BC



चित्र 101 परावतन कोण बराबर है आपतन कोण के।



चित्र 102 परावतन करते हुए प्रकाश लघुतम पथ चुनता है।

के भाग का काटता है। F व D बिंदुओं को मिला ले। अब भागे कुछ करने के पहले त्रिभुजा ABE व EBF की तुल्यता सिद्ध करे। दोनों ही त्रिभुज समकोण हैं और आधार EB उभयनिष्ठ है। इसके अतिरिक्त, कोण EFB तथा EAB आपस में बराबर हैं, क्योंकि वे क्रमशः कोण 2 व 1 के बराबर हैं। अतः $AE = EF$ । इसी से समकोण त्रिभुजा AED व EDF की भी तुल्यता सिद्ध की जा सकती है ($AE = EF$, $ED = ED$ उभयनिष्ठ है, $\angle AED = \angle DEF = 90^\circ$), जिससे ज्ञात होता है $AD = DF$ ।

उपरोक्त निष्कर्षों के आधार पर कहा जा सकता है कि पथ ABC व पथ CBF बराबर हैं (क्योंकि $AB = FB$)। पर इसी तरह से पथ ADC व पथ CDF भी आपस में बराबर हैं। अब यदि CBF लंबाई की तुलना CDF की लंबाई से करे, तो जाहिर है कि CBF छोटा है CDF से (CBF सरल रेखा है)। अतः पथ ABC छोटा है पथ ADC से—और यही सिद्ध करना था।

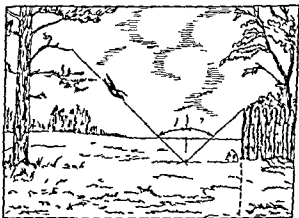
यदि परावतन कोण आपतन कोण के बराबर हो, पथ ABC पथ ADC से हमेशा छोटा होगा, चाहे बिंदु D कहीं भी क्या न चुना जाये। इसका अर्थ यह है कि स्रोत, दपण और आँख के बीच सभी संभव पथों में से प्रकाश उसी को चुनता है, जो सबसे छोटा हो और जिसपर सबसे शीघ्र पहुँचा जा सके। इस तथ्य की ओर अलेक्जेंडर हिरोन ने भी ध्यान दिलाया था। वे दूसरी शती के विख्यात ग्रीक गणितकार थे।

कौवे की उड़ान

उपरोक्त स्थिति में जिस प्रकार लघुतम पथ दूड़ा गया था, इसका ज्ञान अनेक पहिलिया को हल करने में सहायक हो सकता है। उदाहरण के लिये एक पहिलीनुमा प्रश्न पेश है



चित्र 103 कौवे की समस्या बाड़े तक का लघुतम पथ दूटना।



चित्र 104 कौवे की समस्या का हल।

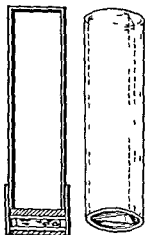
पेड़ की डाल पर एक कौवा बैठा है। नीचे जमीन पर दाने बिछरे हैं। कौवा जमीन की ओर उड़ता है, भनाज का एक दाना उठाता है और सामने के बाड़े पर बैठ जाता है। प्रश्न है किस जगह वह दाना उठाये, ताकि उसका पथ सबसे छोटा हो (चित्र 103)।

प्रश्न ठीक वैसा ही है, जैसा हम अभी अभी देख चुके हैं। इसीलिए सही उत्तर देना कठिन नहीं है। कौवे को प्रकाश की विरंण का अनुसरण करना चाहिये, अर्थात् इस प्रकार उड़ना चाहिये कि कोण 1 बराबर हो बाण 2 के (चित्र 104)। हम देख चुके हैं कि इस तरह से पथ सपुतम होगा।

सुबिबदर्शी जल और धाज

सुबिबदर्शी (बेलाइडोस्कोप) नामक खिलौने को सभी जानते हाने चद रगीन काँच के टुकड़े दो या तीन समतल दपण में प्रतिबिंबित होते रहते हैं और सुबिबदर्शी (या सुबिबक) के हिलने-डुलने के साथ बदलते रहने वाली नयी-नयी अनूठी धूबसूरत आकृतिमा बनाते रहते हैं। सुबिबक को सभी जानते हैं, पर किसी को यह संदेह नहीं होता हागा कि उसकी मदद से कितनी बड़ी सख्या म विभिन्न आकृतिया प्राप्त की जा सकती हैं। माना कि आपके सुबिबक में काँच के 20 टुकड़े हैं और नयी-नयी आकृतिया प्राप्त करने के लिय आप उसे हर मिनट दस बार घुमाते हैं। सारी सभव आकृतिया को देखने में आप कितना समय लागयेंगे ?

प्रचठ से प्रचठ कल्पनाशक्ति भी इसका सही उत्तर नहीं दे सकती। सागर सूख जायेंगे और पवत घिस जायेंगे, पर सुबिबक आपको नये-नये बेल-बूटे दिखाता रहेगा। आपके नन्हे से खिलौने के भीतर बेल-बूटो की सख्या इतनी विशाल है कि सबको बनाने में कम से कम पाँच खरब वर्ष लग जायेंगे। सभी बेल-बूटो को देखने के लिये आपको



चित्र 105 सुबिबदर्शी

पाच घरज से अधिक वय तक सुबिबक को घुमाना पड़ा।

सुबिबक की अनंत नयी-नवेली आकृतिया के साथ सज्जाकारा की गिन चस्मी सदा से रही है, क्याकि इस उपकरण की सजनशीलता के साथ उनकी कल्पना शक्ति होड नहीं सगा सकती। सुबिबक इतन मोहक बल-बूट रचता है कि सजावट में उनका उपयोग हमेशा इष्ट है।

पर धाम आदमी में सुबिबक वसी रुचि आजकत नहीं उत्पन्न करता, जैसी सौ साल पहले करता था। उस समय वह नया-नया निकता था और उसका यशगान गद्य और पद्य दोनों ही में हुआ करता था।

सुबिबक का आविष्कार इंगलंड में 1816 ई. में हुआ था। एक-डड साल बाद ही वह रूस में पहुँचा, जहा प्रशसा के साथ इसका स्वागत हुआ।

नीति-कथा के लेखक श्री इज्माइलव ने सुबिबक के बारे में 'वफादार' नामक पत्रिका (जुलाई, 1818) में लिखा

"सुबिबदर्शी के बारे में विज्ञापन पढने के बाद मैंने इस अनूठे उपरण का मगाया—

देखा, — और क्या झिलमिलाया आँखों में ?
 नानाकृतियों और नैन सितारों में
 नीलम, लाल, पुष्पराज,
 पद्मा श्री मुक्ताराज
 और जंबुक, और जवाहरात,
 मूर्गे-माती — दिखे हठात !
 हिला दूँ बस अपना हाथ—
 और नया रूप मर साथ !

सुबिबदर्शी के दर्श्यों का वर्णन पद्य क्या, गद्य में भी नहीं किया जा सकता है। हाथ के थोडा भी हिलने से आकृतिया बदल जाती हैं और उनमें से कोई भी एक दूसरे से मिलती-जुलती नहीं होती। और कितने खूबसूरत बेल-बूटे बनते हैं! काश कि उन्हें कपडों पर बनाया जा सकता। पर इतन अमकीले घागे कहा से आयेंगे। बारिपत से बचने के लिये कही अच्छा काम सुबिबदर्शी के चित्रों को देपना है।

कहते हैं कि सुबिबदर्शी XVII-वीं शती में ही ज्ञात था। कुछ ही

समय पहले इंगलंड में उसका पुनर्निर्माण हुआ है और वहां से दो महीने पहले उसे फ्रांस में लाया गया। वहां का एक धनवान व्यक्ति 20 000 फ्रांक् के मूल्य का सुबिबदर्शी बनवा रहा है। उसने काच की जगह हीरे-जवाहरात उपयोग करने की आज्ञा दी है।”

आगे लेखक सुबिबक के बारे में एक दिलचस्प चुटकुला सुनाता है और निवध का अर्थ करता है एक विपादपूर्ण तथ्य से, जो वृषि-धासता और और पिछड़ेपन के युग के लिये सामान्य बात थी

‘अपने उत्कृष्ट प्रकाशिकीय उपकरणों के लिये विख्यात दरवारी भौतिकविद् व मत्रकार रोसपीनी आजकल सुबिबदर्शी बनात हैं और 20 रुबल में बेचते हैं। इसमें कोई सन्देह नहीं कि खरीदने वाले बहुत मिल जायेंगे। दुख और आश्चर्य की बात है कि भौतिकी और रसायन पर व्याख्यान देने से नतव्यनिष्ठ रोसपीनी महाशय को कोई लाभ नहीं हुआ, इन विषयों में किसी को कोई दिलचस्पी नहीं है।’

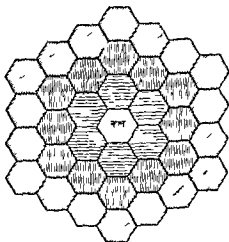
सुबिबक लंबी अवधि तक मात्र एक मनोरंजक खिलौना ही बना रहा। सिर्फ आधुनिक समय में बेल-बूटे बनाने के लिये उसका लाभदायक उपयोग हुआ रहा है। एक उपकरण बनाया गया है, जिसकी मदद से सुबिबक के बेल-बूटों की फोटोग्राफी की जा सकती है और इस प्रकार सजावट के लिये सभी सम्भव आकृतियाँ यत्रवत्र ज्ञात की जा सकती हैं।

माया-महल और मरीचिकाएँ

यदि आप को काच के टुकड़े जसा छोटा बना कर सुबिबक में डाल दिया जाये, तो आपको क्या लगेगा? ऐसा प्रयोग सचमुच में किया जा सकता है। सन 1900 ई० में सगठित पेरिस की विश्व प्रदर्शनी में आये लागो को इसका सुअवसर मिला था। वहां एक तथाकथित ‘माया महल’ था जो काफी लोकप्रिय हुआ। यह और कुछ नहीं, एक विशाल व अचन सुबिबक था। आप एक पत्रकोण कक्ष की कल्पना कर, जिसकी दीवारें आदश पौण्ड्रिक वाले बड़े-बड़े दपणों से बनी हैं। इस दर्पण-कक्ष के कोणों पर खम्भों आदि के रूप में वास्तु सज्जा लगे हैं, जो छत में बनी नक्काशी से मेल खाते होते हैं। ऐसे कक्ष में दशक अन्त कक्षों, स्तम्भों व अपने

हमशक्लो की भीड़ के बीच अपने वो पा कर हतप्रभ सा हो जाता है। वे उस चारो ओर से घेर लेते हैं, और जहा तक वह देख सकता है, सिफ कक्ष, स्तभ और हमशक्ल ही नजर आते हैं।

चित्र 106 मे क्षतिज लकीरा से भरे कक्ष एक बार परावतन से प्राप्त होते हैं, दुबारा परावतित होने पर पर खड़ी रेखाभा से भरे 12 कक्ष प्राप्त होते हैं। आडी रेखाभा से भरे 18 कक्ष तीसरे परावतन क परिणाम हैं। कक्षो की सख्या हर नये परावतन के साथ बढती जाती है और बितन परावतन समव हैं, यह दपणो के पालिश और उनकी समांतरता की काटि पर निर्भर करता है। व्यवहारत वहा बारहव परावतन से प्राप्त प्रतिबिंब दिख रहे थे, अर्थात नजरो के सामने 468 कक्ष थे।

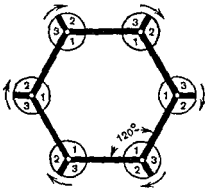


चित्र 106 केंद्रीय कक्ष की दीवारा के तीन बार परावतित होने से 36 कक्ष मिलते हैं।

इस चमत्कार का रहस्य कोई भी समझ सकता है, यदि वह प्रकाश परावतन के नियमो को जानता है। यहा तीन जाड़े समांतर दपण हैं और दस जोड़े दपण कोना मे सगे हैं, फिर इतने अधिक प्रतिबिंब क्या न मिले। परिस प्रश्रुतनी के तथाकथित माया महान म एक और रोचक प्रकाशिकीय प्रभाव था। इस महान के निर्माताभा न असह्य छविमा के साथ-साथ पूरे

दृश्य के क्षणिक परिवर्तन का कमाल भी दिखाने की कोशिश की थी। ऐसा लगता था, जैसे वे दशको को एक विशाल सुबिबक में खड़ा कर के भीतर से ही नये-नये दृश्य दिखा रहे हैं।

'माया महल' में दृश्य-परिवर्तन का इतनाम इस प्रकार किया गया था दीवार कोना से कुछ दूर पर ऊर्चाई के सहारे बटे हुए थे। ऐसा कहा जा सकता है कि दीवार कुछ छोटे से और कोने उनसे मिल कर पुरा कक्ष बनाते थे। ये कोने अपनी



चित्र 107



चित्र 108 "माया-महल का रहस्य

पुरी पर घूम सकते थे, उनके घूमने से दूसरी तरफ से छिपा कोना कक्ष के भीतर आ जाता था। चित्र 107 से स्पष्ट है कि कोना 1, 2 व 3 के अनुरूप तीन दृश्य दिखाये जा सकते थे। अब मान लीजिये कि 1 से इंगित सभी कोने उष्णकटिबंध के जंगल का दृश्य दिखाते हैं, 2 द्वारा इंगित कोने शरवी सज्जा और 3 द्वारा इंगित कोने भारतीय मंदिर के दृश्य दिखाते हैं। छिपी मुक्ति द्वारा सभी कोने

एवबारगी से घूमते हैं और जगल वा दृश्य भरवी मज्जा वा मंदिर के दृश्य में परिणत हो जाता है। पूरे "जादू" वा रहस्य प्रवाह किरण के परावतन जैसी सरल भौतिक सवृत्ति पर आधारित है।

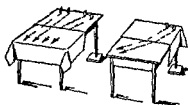
प्रकाश वा अपवतन क्यों और कैसे होता है ?

एक माध्यम से दूसरे में प्रविष्ट होते क्षण प्रकाश के पथ की दिशा बदल जाती है। इस अपवर्तन को कई लोग प्रकृति का नखरा मानत हैं। यह समझ में नहीं आता कि नये माध्यम में प्रकाश अपनी पुरानी दिशा क्या नहीं बनाये रख सनता, वह नयी दिशा में क्या चल पडता है। जा ऐसा सोचते हैं, उहे जानना चाहिये कि प्रकाश किरण के साथ वही होता है, जो कधे-से-कधा मिला कर बढते हुए सैनिकों की पक्ति के साथ होता है जब वे किसी सुगम स्थल से निकल कर दुगम स्थल की सामा में प्रविष्ट होते हैं। पिछली शती के विख्यात छगोलशास्त्री व भौतिकविद जोन गरशल इसके बारे में लिखत हैं

' मान ले कि एक टुकडी के सनिक कधे से कधा मिला कर एक पक्ति में चल रहे हैं। स्थान एक सरल रेखा द्वारा विभक्त है, जिसके एक ओर जमीन समतल है व चलने के लिये सुविधाजनक है, पर दूसरी ओर जमीन जबड-खाबड है, उस पर चलना उतना सरल नहीं है। यह भी मान ले कि पक्ति इस विभाजक रेखा के साथ कोई कोण बनाते हुए चल रही है। अत सभी सैनिक एक साथ नहीं, बल्कि एक एक कर के इस सीमा को पार करंगे। इस स्थिति में हर सनिक सीमा रेखा को पार करने के बाद अपनी गति धीमी करेगा, क्योंकि यहा जमीन पहले जैसी सुगम नहीं है। वह उन सैनिकों की बराबरी में नहीं चल पायगा, जा अभी अच्छी जमीन पर ही चल रहे हैं। हर सनिक इस कठिनाई को महसूस करेगा। अत पक्ति का वह भाग, जो दुगम जमीन पर आ चुका है, बाकी बचे भाग के साथ उस बिंदु पर अधिक कोण बनायेगा, जिस पर वह सीमा को काटती है (यदि सैनिक पहले की तरह ही कधे से कधा मिलाये पक्तिबद्ध बर रहे हैं, तीतर बीतर नहीं हो जाते)। कधे से कधा मिलाने रहने की आवश्यकता के कारण हर सनिक को नयी जमीन पर नयी पक्ति के लव चलना होगा। इस तरह सीमा पार का पथ नयी पक्ति पर लव होगा और सीमा

के पहले वाले पथ के साथ उसका अनुपात बैसा ही होगा, जैसा उनके नये वेग का पुराने वेग के साथ होगा।”

छोटे पैमाने पर आप प्रकाश अपवतन की इस दृश्य-सुगम उपमा को टेबुल पर बार्पाबित कर सकते हैं। टेबुल के आधे हिस्से पर कोई मोटी दरी बिछा दीजिये (चित्र 109)। टेबुल को थोड़ा झुकाव देकर उस पर चक्को के एक जोड़े को लुढ़कने दीजिये, जो एक ही अक्ष के साथ जड़े हुए हैं (यह आप किसी टूटे खिलौने, जैसे इजन से ले सकते हैं)। यदि चक्को की गति की दिशा दरी की किनारी के लंब है, तो चक्को के पथ का अपवतन नहीं होगा। यहाँ आपको एक प्रकाशिकीय नियम का उदाहरण मिलता है माध्यमों के विभाजक तल के लंब चलती हुई किरण अपवतित नहीं होती।



चित्र 109 अपवतन का कारण सम समझाने वाला एक प्रयोग।

यदि चक्का की गति की दिशा दरी की किनारी के साथ कोई झुका कोण बनाती है, तो इस किनारी पर, अर्थात् भिन्न वेग प्रदान करने वाले दो माध्यमों की विभाजक रेखा पर चक्को का पथ मुड़ जायेगा।

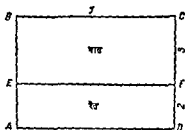
आसानी से देख सकते हैं कि अधिक वेग वाले भाग (खाली टेबुल) से कम वेग वाले भाग (दरी बिछे स्थान) में प्रविष्ट होने पर पथ ('किरण') आपतन बिंदु से विभाजक रेखा पर खींचे गये लंब की ओर झुकता है। विपरीत स्थिति में वह इस लंब से दूर हो जाता है।

इससे एक और महत्वपूर्ण बात पता होती है अपवतन का कारण दोनों माध्यमों में वेगों की भिन्नता है। अपवतन की सारी सवृत्तियाँ के मूल में मही तथ्य है। वेगों में अंतर जितना ही अधिक होगा, अपवतन भी उतना ही अधिक होगा। तय्यकथित 'अपवतन गुणांक' और कुछ नहीं, इन वेगों का अनुपात भर है। जब आप पढ़ते हैं कि हवा से पानी में संचरण के लिये अपवतन गुणांक $\frac{4}{3}$ है, तो इसके साथ ही आप यह भी जान सकते हैं कि प्रकाश पानी की अपेक्षा हवा में 1.3 गुना अधिक तेज चलता है। इन बातों से प्रकाश प्रसरण की एक और पातव्य विशेषता संबंधित

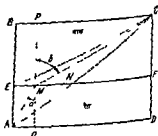
है। यदि परावतन की स्थिति में प्रकाश लघुतम पथ चुनता है, तो अपवर्तन की स्थिति में वह शिप्रतम पथ चुनता है "सत्य" तब किरण को कोई भी दूसरी दिशा जतनी शीघ्रता (क्षिप्रता) से नहीं पहुँचा सकती, जितनी शीघ्रता से उसे यह टूटा (मुड़ा) हुआ पथ पहुँचा सकता है।

सोटे पथ की अपेक्षा बड़ा पथ कब जल्द पार होता है?

क्या टेढ़ा पथ सचमुच में सीधे पथ की अपेक्षा जल्द सत्य तक पहुँचा सकता है? हाँ, यदि पथ के भिन्न टुकड़ा पर क्षिप्रता भिन्न हो। स्मरण करें कि यदि गाँव दो रेलवे स्टेशनों के बीच में बही स्थित हो, तो वहाँ के निवासी क्या करते हैं। दूर वाले स्टेशन तक जान के लिये पहले छोड़ पर नजदीक वाले स्टेशन की ओर जाते हैं और फिर ट्रेन में बठ कर सत्य तक पहुँचते हैं। सधुतम पथ तो यही होता, यदि वे छोड़े पर बठ कर सीधे दूर वाले स्टेशन की ओर चल देते। पर वे पसंद करते हैं छोड़े और ट्रेन वाला पथ, क्योंकि इस पर वे जल्द पहुँचते हैं।



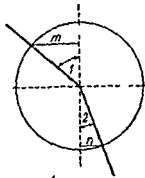
चित्र 110 घुडसवार की समस्या A से C तक का क्षिप्रतम पथ ढूँढना।



चित्र 111 घुडसवार की समस्या का हल। क्षिप्रतम पथ A¹MC है।

एक और उदाहरण की ओर ध्यान दें। घुडसवार को बिंदु A से सेनापति के शिविर C तक पत्र के साथ पहुँचना है। बीच में बलुवाही व मैदानी जमीन है, जिनकी आपसी सीमा रेखा EF है। मैदान की तुलना में बालु पर घोड़ा दुगुना धीमे चलता है। घुडसवार को कौन सा पथ चुनना चाहिए कि वह शिविर तक जल्द से जल्द पहुँच सके? प्रथम दृष्टि में प्रतीत होता है कि क्षिप्रतम पथ सरल रेखा AC होगी। पर यह बिल्कुल गलत है और मैं नहीं सोचता कि ऐसा कोई घुडसवार होगा, जो इस पथ को

चुनेगा। बालू पर की धीमी गति उसके मन में सही विचार उत्पन्न करेगा कि बलुवाही भूभाग को वह कम झुके पथ द्वारा पार करे। बेशक, इसके कारण मदानी भूभाग पर उसका पथ अधिक लंबा हो जायेगा, पर यहाँ थोड़ा दुगुनी तेज चाल से चलता है। अतः यहाँ कुल मिला कर घुड़सवार फायदा में ही रहेगा। दूसरे शब्दों में कह सकते हैं कि घुड़सवार का पथ दोनों प्रकार के भूभागों की सीमा पर अपवर्तित हो जाना चाहिये। इसके प्रतिरक्त, अपवर्तन ऐसा होना चाहिये कि उसका मदानी पथ विभाजक रेखा EF के लंब के साथ अधिक बड़ा कोण बनाये बनिस्वत कि बलुवाही पथ के।



चित्र 112 ज्या क्या है? m और त्रिज्या का अनुपात कोण 1 की ज्या है, n और त्रिज्या का अनुपात - कोण 2 की ज्या है।

ज्यामिति और विशेषकर पिथागोरस-प्रमेय से परिचित पाठक देख सकते हैं कि ऋजु पथ AC क्षिप्रतम नहीं है, दी गयी परिस्थितियों में लक्ष्य तक पहुँचने के लिये एक क्षिप्र पथ भ्रजित रेखा AEC है (चित्र 111)।

चित्र 110 में दिखाया गया है कि बलुवाही जमीन की चौड़ाई 2 km है, मैदानी स्थल की - 3 km तथा दूरी BC = 7 km है। अतः पिथागोरस साध्य के अनुसार चौड़ाई AC (चित्र 111) बराबर है $\sqrt{5^2 + 7^2} = \sqrt{74} = 8.60$ km। बालू पर इस रेखाखंड का भाग AN पूरी लंबाई AC का $\frac{1}{5}$ अर्थात् 3.44 km है। चूँकि मैदान की अपेक्षा बालू पर थोड़ा दुगुना धीरे चलता है, इसलिये बालू पर 3.44 km की दूरी समय के लिहाज से 6.88 km लंबे मदानी पथ के बराबर होगी। अतः 8.60 km लंबा मिलाजुला पथ AC समय के दृष्टिकोण से समतुल्य है 12.04 km लंबे मैदानी पथ के।

इसी विधि से भ्रजित पथ AEC को भी मैदानी पथ में व्यक्त करें। खंड AE = 2 km है और वह 4 km मैदानी पथ के समतुल्य होगा। खंड EC = $\sqrt{3^2 + 7^2} = \sqrt{58} = 7.61$ km है। अतः भ्रजित पथ AEC समतुल्य है $4 + 7.61 = 11.61$ km के।

इस प्रकार, "छोटा" व सीधा पथ मैदानी जमीन पर 1204 km चलने के बराबर है। "अधिक लंबा" पथ, जैसा कि आप देखते हैं, 1204-1161=043 या लगभग आधे किलोमीटर की छूट देता है।

पर अभी तक हमने क्षिप्रतम पथ नहीं दिखाया। नियमानुसार क्षिप्रतम पथ वह होगा, जिसमें (यहां हमें त्रिकोणमिति की सहायता लेनी पड़ेगी) कोण b की ज्या व कोण a की ज्या का अनुपात बराबर होगा मैदान व बालू पर की क्षिप्रताओं के अनुपात अर्थात् 2 : 1 के। दूसरे शब्दों में, दिशा इस प्रकार चुननी चाहिये कि $\sin a$ से $\sin b$ दुगुना हो। इसके लिये भूपट्टिया की विभ्रजक रेखा को ऐसे बिंदु M पर पार करनी चाहिये, जो E से एक किलोमीटर दूर स्थित हो, ताकि

$$\sin b = \frac{6}{\sqrt{3^2 + 6^2}} \quad \sin a = \frac{1}{\sqrt{1 + 2^2}}$$

अनुपात $\frac{\sin b}{\sin a} = \frac{6}{\sqrt{45}} \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{6}{3\sqrt{5}} \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} = 2$ दोनों क्षिप्रताओं का अनुपात है।

और कितने लंबे मैदानी पथ के समतुल्य होगा यह पथ? कलन करे $AM = \sqrt{2^2 + 1^2}$, और यह 4.47 km लंबे मैदानी पथ के समतुल्य होगा। $MC = \sqrt{4^2 + 6^2} = 6.71$ km। पूरे पथ की दूरी 4.47 + 6.71 = 11.18, अर्थात् ऋजु पथ से 860 m कम होगा (हमें ज्ञात है कि AC 1204 km के समतुल्य है)।

आप देख रहे हैं कि दी हुई स्थितियों में घुमावदार पथ चुनने से कितना लाभ है। प्रकाश किरणें इसी प्रकार से क्षिप्रतम पथ चुनती हैं, क्योंकि प्रकाश के अपवर्तन का नियम समस्या के गणितीय हल का शर्तों को ठीक-ठीक पूरा करता है। अपवर्तन कोण की ज्या व आपतन कोण की ज्या का अनुपात बराबर होता है नये व पुराने माध्यमों में प्रकाश-वेगों के अनुपात के। माध्यमों का अपवर्तन सूचकांक (अपवर्तनांक) भी इसी अनुपात के बराबर होता है।

अपवर्तन व अपवर्तन दोनों के गुणा को एक नियम में बाधन के लिये हम कह सकते हैं कि प्रकाश हर स्थिति में क्षिप्रतम पथ पर गमन करता है, अर्थात् वह उस नियम का पालन करता है, जिसे भौतिकविद "क्षिप्रतम आगमन का नियम (फेर्मा नियम) नाम से पुकारते हैं। यदि माध्यम

सर्वत्र समरूप नहीं है और उसका अपवर्तक गुण एक बिंदु से दूसरे बिंदु की ओर धीरे धीरे बदलता है (जैसे पृथ्वी के वातावरण में), तो क्षिप्रतम भागमन का नियम इस स्थिति में भी पालित होता है। पृथ्वी के वातावरण में प्रविष्ट हो कर प्रकाश की किरणें हल्की सी वक्रित हो जाती हैं। इस घटना को खगोलशास्त्रियों की भाषा में "वातावरणीय अपवर्तन" कहते हैं और इसका कारण भी उक्त नियम ही है। वातावरण में, जो नीचे की ओर त्रमश अधिक घना होता जाता है, प्रकाश किरण इस प्रकार नमती (झुकती) है कि उसकी अवतलता जमीन की ओर बनती है। इसके कारण किरण ऊपरी परतों में देर तक चलती रहती है। वहाँ उसकी गति वातावरण द्वारा इतनी क्षीण नहीं होती, जितनी नीचे। निचली परतों में वह कम समय तक चलती है, क्योंकि उसमें चलना कठिन होता है। मिला जुला कर वह लक्ष्य तक शीघ्र ही पहुँचती है, बनिस्वत कि यदि वह सरल रेखा पर चलती।

क्षिप्रतम भागमन का सिद्धांत (फेर्मा का नियम) सिर्फ प्रकाशीय सवृत्तियों (घटनाओं) के लिये ही सत्य नहीं है इसका अनुसरण ध्वनि भी करती है। यह नियम सभी तरंगी गतियों के लिये सामान्य है, चाहे तरंगों की प्रकृति कुछ भी क्यों न हो।

पाठक निश्चय ही तरंगी गतियों के इस गुण का कारण जानना चाहते होंगे। इस प्रश्न पर विख्यात आधुनिक भौतिकविद श्रेडिंगर के शब्द प्रकाश डाल सकते हैं।¹

उन्होंने भी घातों बढ़ती फौज का उदाहरण लिया है, पर वे ऐसे माध्यम में प्रकाश की गति को समझाना चाहते हैं, जिसका घनत्व क्रमानुगत रूप से धीरे धीरे बदलता है।

"मान ले, — वे लिखते हैं, — पक्ति को बिल्कुल सीधी बनाये रखने के लिये सैनिकों को एक लंबा डंडा दिया गया है। सभी सैनिक उसे हाथा से पकड़े हुए कंधे से कंधा मिलाये चल रहे हैं। हकम मिलता है यथाशक्ति तेज दौड़ो! यदि जमीन की विशेषतायें धीरे धीरे बदलती हैं, तो पहले दायें भाग के (उदाहरणार्थ) और फिर बायीं ओर के सैनिक अधिक तेजी

¹ नोबेल प्राइज प्राप्त करते वक्त (1933 ई. में) यह उन्होंने अपने प्रतिवेदन में पढ़ा था।

से भागन लगेंगे और पक्ति की गतिदिशा स्वयं मुड़ जायेगी। यहाँ हम पायेंगे कि तय किया गया पथ सीधा नहीं, बल्कि वक्र है। कारण आसानी से समझा जा सकता है दी गयी विशेषताओं वाले भूभाग पर यह पथ लक्ष्य तक पहुँचने के लिये समय के लिहाज से लघुतम (अर्थात् क्षिप्रतम) होगा।”

नये रौबिसन

आप बेशक जानते होंगे कि जूल वेन के उपन्यास ‘रहस्यमय द्वीप’ के पात्रों ने निजन स्पल में कैसे बिना माचिस या चकमक के भाग प्राप्त की थी। रौबिसन की सहायता आकाश से गिरी बिजली ने की थी, जिससे एक वृक्ष जलने लगा था। जूल वेन के नये रौबिसनो को विद्वान इजिनियर के प्रत्युत्पन्नमतित्त्व व भौतिकीय नियमों के ठोस ज्ञान ने मदद की। आपको याद होगा कि भाले भाले नाविक पेनक्रोफ ने जब शिकार से लौट कर इजिनियर व जनलिस्ट को लहकते अलाव के पास बैठे देखा, तो कितना आश्चर्यचकित हुआ।

‘— किसने भाग जलायी? — नाविक ने पूछा।

— सूरज ने, — स्पिलेट ने जवाब दिया।

जनलिस्ट मजाक नहीं कर रहा था। भाग सचमुच में सूरज ने दी थी, जिससे नाविक इतना खुश हो रहा था। उसे अपनी आँखों पर विश्वास नहीं हो रहा था और वह आश्चर्य में इतना डूबा हुआ था कि इजिनियर से कुछ पूछ भी न सका।

— मतलब कि आपके पास जलाने वाला काँच था? — हरबट ने इजिनियर से पूछा।

— नहीं पर मैंने उसे बना लिया।

और उमने दिखाया कि कैसे लेस बनाया जा सकता है। उसके पास दो साधारण शीशे थे, जिसे उसने अपनी और स्पिलेट की घड़ी से निकाल रखा था। उसने उनकी किनारी सटा कर उसमें पानी भर लिया और किनारी गोली मिट्टी से चिपका दी। यह भाग जताने वाले असली लेस की बराबरी कर सकता था। इसी की सहायता से इजिनियर ने मूल किरणों को सूखी घास पर सकेन्द्रित कर के भाग जलायी थी।

शायद पाठक के मन में यह प्रश्न उठे कि घड़ी के शीशे के बीच पानी भरने की क्या आवश्यकता थी। क्या हवा से भरा दा पाशवों से उत्तल बरतन किरणों को सकेंद्रित नहीं कर सकता?

घड़ी का काँच बाहरी व भीतरी दो समांतर (समकेन्द्रीय) वक्र तलों द्वारा घिरा होता है। भौतिकी के अनुसार ऐस तला द्वारा घिरे माध्यम में प्रविष्ट होते वस्तु किरणें अपनी दिशा नहीं बदलती। दूसरा शीशा भी ऐसा ही है और उसे पार करते वस्तु भी वे अपनी दिशा में परिवर्तन नहीं साती। यही कारण है कि वे नाभि पर इकत्रित नहीं होती। एक बिंदु पर किरणों को सकेंद्रित करने के लिय शीशों के बीच के स्थान में कोई ऐसा पारदर्शक द्रव्य होना चाहिये, जो किरणा को हवा की तुलना में अधिक अपवर्तित कर सके। जूल वेर्न के उपयास का इजिनियर यही करता है।

भाग जलाने वाले लेस का काम शीशे की साधारण सुराही भी कर सकती है, यदि उसका आकार गोल हो। इस बात को लोग प्राचीनकाल से ही जानते हैं। उन्होंने इस बात पर भी ध्यान दिया था कि इससे सुराही का पानी गर्म नहीं होता, ठंडा ही रहता है। कभी-कभी ऐसा होता था कि खुली छिड़की पर रखी पानी की ऐसी सुराही पदों में भाग लगा देती थी, मेज की सतह को झुलसा देती थी, आदि। प्राचीन दवाफरोश अपनी दूकान सजाने के लिये गोल बोतली में रगीन पानी रखा करते थे और यह परपरा कभी-कभी बड़ी-बड़ी दुषटनाओं का कारण बन जाया करती थी, विशेषकर उस स्थिति में, जब सुराही के निचट कोई ज्वलनशील वस्तु रखी होती थी।

पानी भरे गोल फ्लास्क की सहायता से घड़ी की काँच में रखा पानी खीलाया जा सकता है। इसके लिये 12 cm व्यास वाला छोटा फ्लास्क भी काफी रहेगा। यदि फ्लास्क का व्यास 15 cm हो, तो नाभि (फोकस) पर तापक्रम 120°C तक उठ सकता है। फ्लास्क की सहायता से सिगरेट सुलगाना उतना ही सरल है, जितना काँच के लेस से, जिसके बारे में लोमोनोसोव ने 'काँच के लाभ' नामक कविता में लिखा था

प्रमथ्यु से क्या कम हैं हम,
काँच से सूर्य की अग्नी
घरती पर साते हैं।

गपोठ शखा का गाली दे हम,
निष्पाप स्वर्गनल से
बीडी मुलगाते हैं।

यहा यह बता देना आवश्यक होगा कि पानी वाले लेस काँच के लेसो की तुलना मे काफी क्षीण होते हैं, क्योंकि, प्रथमत, पानी मे काफी कम अपवतन होता है और, दूसरे, पानी गर्मी देने वाली अवरक्त किरणो को बहुत बडी मात्रा में सोख लेता है।

आश्चय की बात है कि शीशी के लस का अग्निदायक गुण प्राचीन यूनानवासियो को चरमा व दूरधीनो की खोज के हजारो साल पहले से ही ज्ञात था। उदारणाय, लेस का नाम अरिस्तोफान के विख्यात हास्यक (कामेडी) "बादल" मे आता है। सुकरात पूछता है स्त्रोप्टियाद से

"यदि कोई तुम पर पाँच तालातोन के बज का दावा करे और तुम्हारे खिलाफ अर्जी लिखे, तो उसे कैसे नष्ट करोगे ?

स्त्रोप्टियाद—हाँ, मिल गया अर्जी नष्ट करने का तरीका, और वह भी ऐसा कि तुम प्रशंसा किये बगैर नही रहोगे। दवाफरोशो के यहाँ तुमने एव सुदर पारदशक पत्यर तो देखा ही होगा, उससे भाग जलाते हैं।

सुकरात—भाग जलाने वाला शीशा ?

स्त्रोप्टियाद—बिल्कुल।

सुकरात—फिर ?

स्त्रोप्टियाद—जबतक वकील लिखेगा, मैं उसके पीछे से अर्जी पर सूरज की किरणें भेज कर अक्षरो को पिघला दूंगा ।

स्पष्टता के लिय याद दिला दूँ कि अरिस्ताफान के समय यूनानवासी मोम की परत चढे तख्तो पर लिखा करते थे। लिखावट धूप मे सधमुच पिघल कर लुप्त हो सकती थी।

बर्फ से अलाव मुलगाना

दोनो पार्श्वों से उत्तल वीक्ष (लेस) बर्फ से भी बनाया जा सकता है और इसीलिये भाप बर्फ से भी भाग मुलगा सकते हैं शर्त यही है कि वह पर्याप्त पारदशक हो। बर्फ धूप मे पिघलेगी नही, क्योंकि किरणो

को अपवर्तित करने से यह गर्म नहीं होती। पानी और बर्फ के अपवर्तन गुणको मे अधिक का भतर नहीं है। इसीलिये यदि पानी से भाग जलायी जा सकती है, तो यही काम बर्फ से भी किया जा सकता है।

बर्फ का लेस अच्छा काम आया था जूल वेन लिखित "कप्टेन हेटरास की यात्रा" मे। चकमक पत्यर छो चुका था और -48°C की भयानक ठंड म कही से भाग मिलने की गुज़ाईश नहीं थी। सोच में पड़े यात्रियों को इस स्थिति से मुक्ति दिलायी डा क्लारबोनी ने

"—यह दुर्भाग्य की बात है,—हेटरास ने कहा।

—हाँ,—डाक्टर ने छोटा सा उत्तर दिया।

—हमारे पास दूरबीन भी नहीं है कि उसका लेस निकाल कर भाग जलायें।

—जानता हूँ,—डाक्टर ने कहा,—और बहुत ही अपसोस की बात है। यहाँ सूरज कितना तेज चमक रहा है, सूखी घास बहुत जल्द सुलग जाती।

—भव करना क्या है, भालू के बच्चे मांस से भूख मिटानी होगी,—हेटरास ने कहा।

—हाँ,—डाक्टर कुछ सोचते हुए बड़बड़ाया,—जब कोई उपाय नहीं रहेगा। पर क्यों न

—आपने कुछ सोच निकाला क्या?—हेटरास ने जिज्ञासा की।

—मेरे मन में एक विचार आया है

—विचार?—कणघार ने खुश होते हुए कहा।—यदि आपके दिमाग में विचार आया है, तो चिंता की कोई बात नहीं रह जाती, हम बच गये।

—लेकिन यह कहाँ तक संभव है, कुछ कहा नहीं जा सकता,—डाक्टर ने हिवकिचाते हुए कहा।

—क्या सोचा है आपने?—हेटरास ने पूछा।

—हम लेस बना सकते हैं।

—कैसे?—कणघार ने उत्सुकता दिखायी।

—बर्फ के टुकड़े से।

—क्या आप सचमुच सोच रहे हैं कि

—घोर नहीं तो क्या! आधिर सूर्य किरणों को एक बिंदु पर जमा ही तो करना है, घोर इसके लिये बर्फ अच्छे से अच्छे शीशे की बराबरी कर सकता है। लेकिन मैं भीठे पानी से जमे बर्फ को अधिक पसंद करूंगा, क्योंकि वह अधिक बड़ा व पारदर्शक होता है।

—वहाँ देखिये! यदि मैं गलत नहीं हूँ, तो हमें इसी की जरूरत है। बर्फ के उस टीले का रंग देखिये, वह भीठे पानी से जमा है।

—आपका कहना सही है। कुल्हाड़ी से घोर चले।

तीनों मिल कर उक्त टीले की घोर चल पड़े। बर्फ सचमुच भीठे पानी का था।



चित्र 113 "डाक्टर ने सूखी घास पर सूर्य किरणों को सकेन्द्रित किया।"

डाक्टर ने बरीब एक फीट व्यास वाले बर्फ के टुकड़े को काटने के लिये कहा। इसने बाद उसने कुल्हाड़ी से उसे समतल सा किया, फिर चाकू से काट-छाँट की, लेस के आकार में तराशा और हथेली से रगड़ रगड़ कर उसे चिकना कर लिया। लेस तयार था और अच्छे से अच्छे ढंग से लेस से टक्कर ले सकता था। सूरज पर्याप्त तेजी से चमक रहा था। डाक्टर ने लेस को किरणों के पथ पर रखा और सूखी घास पर उन्हें सकेन्द्रित किया। घास कुछ ही क्षणों में जल उठी।"



चित्र 114 बर्फ का लेस बनाने के लिये कटोरी।

जूल वेन का क्रिस्मा इतना काल्पनिक नहीं है बर्फ के लेस से भाग जलाने का प्रयोग पहली बार इंगलैंड में किया गया था। 1763 ई में वहा बर्फ के काफी बड़े लेस से एक पेड में भाग लगायी गयी थी। तब से यह प्रयोग कई बार सफलतापूर्वक दुहराया जा चुका है। यह बात दूसरी है कि बर्फ का पारदर्शक लेस मुल्हाबी, चाकू और घाली हाथ (-48°C की भयानक ठंड में) जैसे औजारों से बनाना कठिन है। पर बर्फ का लेस बनाने के लिये सरल विधि भी है धनुष्य कटोरी में पानी ढाल कर फ्रीज में जमा लीजिये और फिर बरतन को हल्का सा गम करके तैयार लेस निकाल लीजिये।

सूय किरणों से सहामता

ऐसे लेस का उपयोग करते वक्त यह न भूले कि छिडकी के शीशे से भाने वाली धूप में आप कुछ भी जला नहीं पायेंगे। शीशा सूय किरणों की ऊर्जा को काफी बड़ी मात्रा में अवशोषित कर लेता है और बची-खुची ऊर्जा इतनी पर्याप्त नहीं होती कि किसी चीज को जलाने लायक गर्मी दे सके। बेहतर है खुले स्थान पर किसी ऐसे दिन प्रयोग कर, जब वातावरण का तापक्रम शून्य से नीचे हो।

एक और प्रयोग करे, जो सर्दियों में सरलतापूर्वक संपन्न हो सकता है। धूप के दिन बाहर पडी बर्फ पर एक नाप के दो कपडे के टुकडे—एक काला और एक सफेद—रख दें। एक घंटे बाद आप देखेंगे कि काला कपडा बर्फ में कुछ नीचे धँस गया है, पर सफेद उसी ऊँचाई पर है। कारण ढूँढना कठिन नहीं है काले कपडे के नीचे बर्फ जल्द पिघलता है, क्योंकि काले घागे सूय किरणों के बड़े भाग को सोख लेते हैं। सफेद कपडा उल्टा उन्हें प्रकीर्णित कर देता है और इसीलिये काले कपडे की तुलना में बहुत कम गर्म होता है।

यह शिशाप्रद प्रयोग पहली बार संयुक्त राज्य के स्वतंत्रता सेनानी बेंजामिन फ्रैंकलिन ने किया था। उनका नाम तबित फाल्क के आविष्कार के लिये धमर है। अपने प्रयोग का वर्णन वे इस प्रकार करते हैं "एक बार मैं दर्जी की दूबार से कपड़ा के कई टुकड़े ले आया। हर टुकड़े का रंग भलग भलग था काला, गाढ़ा नीला, हल्का नीला, हरा, गुलाबी, सफेद। और भी कई दूसरे रंग थे, उनके धाम भी भलग भलग थे। एक दिन, जब काफी अच्छी धूप उगी हुई थी, मैंने इन टुकड़ों को बाहर बर्फ पर बिछा दिया। काला कपड़ा कुछ ही घंटों बाद इतना गम हो गया कि बिल्कुल ही बर्फ में धँस गया। सूर्य की किरणों भव उस तक नहीं पहुँच रही थीं। गाढ़ा नीला कपड़ा भी उनका ही धँसा हुआ था, जितना काला। हल्का नीला काफी कम धँसा था, भय रंग के कपड़े उतना ही कम धँसे थे, जितना हल्का उनका धाम था। सफेद टुकड़ा बिल्कुल नहीं धँसा था।"

"सिद्धांत बेकार होना, यदि उससे कोई व्यावहारिक निष्पत्ति नहीं निकाला जा सकता।—आगे वे कहते हैं।—क्या हम इस प्रयोग से यह निष्कर्ष नहीं निकाल सकते कि गर्म जलवायु वाले देश में, जहाँ सूरज काफी तेज चमकता है, सफेद की तुलना में काला कपड़ा अधिक गर्मी देता है, भूत कम फायदेमंद है? यदि शरीर की उन गतियों पर ध्यान दिया जाये, जो शरीर को धुद-ब-धुद गर्मी देती हैं, तो काला कपड़ा और भी बेकार है, वह शरीर को अतिरिक्त गर्मी देता है। क्या वहाँ स्त्री-पुरुषों की टोपियाँ सफेद नहीं होनी चाहिये, जो सू सगाने वाली गर्मी से बचाव करती हैं? क्या काले रंग से पुती शीबारे दिन भर में इतनी गर्मी अवशोषित नहीं कर सकती कि रात को भी कुछ हद तक गर्म बनी रहें और फल आदि को जमने से बचा सकें? क्या ध्यान से प्रेक्षण करने वाला व्यक्ति अनेक दूसरी छोटी बड़ी बातों से दूसरे प्रकार के लाभ नहीं प्राप्त कर सकता?"

ये निष्कर्ष कैसे हैं और वहाँ तक उनका व्यावहारिक उपयोग सम्भव है—यह जर्मनी के जहाज हौस" से पता चलता है, जो 1903 में दक्षिणी ध्रुव के अभियान पर निकला था। जहाज जमे बर्फ के बीच फँस गया था और उसे मुक्त करने के सारे तरीके नाकामयाब साबित हो रहे थे। बारूद से लेकर भारी तक का उपयोग किया जा चुका था, कुछेक सौ घन मीटर बर्फ तोड़ी जा चुकी थी, पर जहाज वहाँ का तहाँ फँसा रहा। भूत में सूर्य किरणों का उपयोग करने का निश्चय किया गया। साजे और

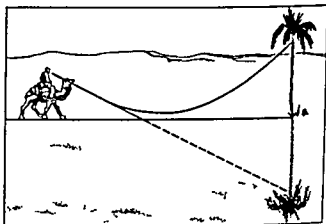
कोयले को बर्फ पर फैला कर एक पट्टी बनायी गयी, जो करीब 2 km लंबी और दसैक मीटर चौड़ी थी। वह जहाज को निवृत्ततम सुरक्षित स्थान तक ले जाने वाली थी। ध्रुव पर उस समय गर्मी का मौसम था। दिन लंबे और साफ थे और सूर्य किरणें वह करने में सफल हो गयी, जो डिनामाइट भी नहीं कर सका था। पट्टी के नीचे बर्फ पिघल कर चूर हो गयी और जहाज उसके शिकजे से निकल गया।

मरीचिकाओं के बारे में नयी-पुरानी बातें

साधारण मरीचिका का भौतिक कारण सबको पता होगा। मरुभूमि के तप्त बलुवाही-तल में दर्पणी गुण इसलिये आ जाते हैं, क्योंकि उसके निकट स्थित हवा की परत का घनत्व कम होता है। दूरस्थ वस्तु से नत प्रकाश-किरणें हवा की इस परत तक आने के बाद अपना पथ इस प्रकार वक्रित कर देती हैं कि आगे चल कर वे प्रेक्षक की आँखा तक पहुँच जाती हैं। लगता है जैसे वे बहुत बड़ा आपतन कोण बनाती हुई बालू से परवर्तित हो रही हो। इसीलिये प्रेक्षक को भ्रम होता है कि मरुभूमि में सब तरफ पानी ही पानी है, जो तटवर्ती वस्तुओं को अपनी सतह पर प्रतिबिम्बित करता है (चित्र 115)।

अधिक सही होगा यह कहना कि हवा की तप्त परत किरणों को दपण की तरह नहीं, जलीय तल की तरह परावर्तित करती है, यदि जलीय तल को गहराई में से देखा जाये। यहाँ साधारण परावर्तन नहीं होता, यहाँ वह होता है, जिसे भौतिकविद, "आंतरिक परावर्तन" कहते हैं। इसके लिये आवश्यक है कि प्रकाश की किरण हवा की परत को अत्यंत "मून झुकाव पर" बेंधे। यह झुकाव इससे कहीं कम होना चाहिये, जितना सरलीकृत चित्र 115 में दिखाया गया है। यदि ऐसा नहीं होगा तो किरणों का आपतन "चरम कोण" को पार नहीं कर सकेगा और इसके बिना आंतरिक परावर्तन नहीं हो सकता।

चलते-चलते इस सिद्धांत के एक और पक्ष पर गौर कर ले। उपरोक्त व्याख्या के अनुसार अधिक घनत्व वाली परतों को ऊपर होनी चाहिये और कम घनत्व वाली को—नीचे। पर हम जानते हैं कि घनी व भारी हवा नीचे की ओर प्रवृत्त होती है और वहाँ से हल्की गैसों को ऊपर विस्थापित

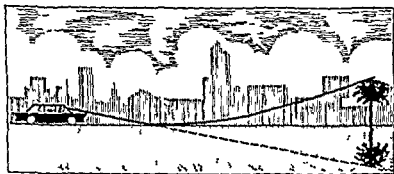


चित्र 115 मरुभूमि में मरीचिका की उत्पत्ति। पाठ्य-पुस्तकों में अक्सर इस चित्र को दिखाया जाता है। इसमें प्रकाश किरणों के पथ को प्रतिशयोक्ति के साथ झुका कर दिखाया गया है।

कर देती है। फिर मरीचिका के लिये आवश्यक स्थिति—कि घनी हवा की परतें ऊपर रहे और विरल हवा की नीचे—कैसे प्राप्त हो सकती है?

बात इतनी सी है कि परतों की आवश्यक स्थिति निश्चल हवा में नहीं, बल्कि निरंतर गतिमान हवा में प्राप्त होती है। जमीन द्वारा तप्त हवा जमीन पर ही नहीं पडी रहती, वह निरंतर उठती है और उसका स्थान दूसरी कम गर्म हवा लेती रहती है। इस निरंतर विस्थापन के कारण तप्त रेत के ऊपर विरल हवा की एक परत सदा विद्यमान रहती है। यह सही है कि यह परत नयी-नयी हवा से बनती रहती है, पर किरणों के प्रसरण पर इससे कोई फर्क नहीं पड़ता।

जिस मरीचिका के बारे में हम बात कर रहे हैं वह प्राचीन काल से ही ज्ञात है। आधुनिक मौसम विज्ञान में इसे "निम्न" मरीचिका कहते हैं (उच्च मरीचिका तब उत्पन्न होती है जब प्रकाशकिरणों वातावरण के ऊपरी भागों में स्थित विरल वायु-परतों से परावर्तित होती हैं)। अधिकांश लोगों का विश्वास है कि मरीचिका का यह बलासिकल रूप सिर्फ दक्षिणी देशों की मरुभूमियों में ही दृष्टिगोचर होता है। पर यह गलत है। निम्न मरीचिका हमारे अक्षांश पर भी दिखती है। हमारे यहाँ ये सृष्टियाँ

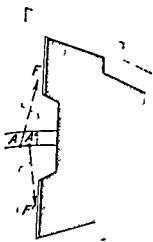


चित्र 116 कोलतार वाली सड़क पर मरीचिका।

गमियों में विशेष कर कोलतार की सड़कों पर दिखती हैं, जो काली होने के कारण धूप में बहुत अधिक गर्म हो जाती हैं। इस स्थिति में सड़क की सखड़ी सतह दूर से ऐसी लगती है, मानो उस पर पानी फैला हो और उसमें दूरस्थ वस्तुएं प्रतिबिम्बित हो रही हों। ऐसी मरीचिकाओं को बनाने वाला किरण-मय चित्र 116 में दिखाया गया है। यदि ध्यान से ढँढा जाये, तो ऐसी सवृत्तियां कहीं अधिक बार अवलोकित हो सकती हैं।

एक दूसरे प्रकार की मरीचिका है—पार्श्विक मरीचिका, जिसकी विद्यमानता का शायद बहुतों को आभास भी नहीं है। यह गम उदम दीवार से परावर्तन है। इस प्रकार के दृश्य का वर्णन एक फ्रांसीसी लेखक ने किया है। किले के नजदीक घाने पर उसने देखा कि कक्रीट की दीवार हठात दर्पण की तरह चमकदार हो गयी और उसमें परिवेश का कुछ भाग प्रतिबिम्बित होने लगा। ऐसा प्रतीत होता था, मानो किसी ने सखड़ी गदी सतह को अचानक पालिश कर के चमका दिया हो। उनके दर्पणी गुण का रहस्य यही था कि दीवारों में गर्म धूप में काफी तप्त हो गयी थी। चित्र 117 में किले की दीवारों की स्थितियां (F व F') तथा प्रेक्षण-स्थल (A व A') दिखाये गये हैं। पता चला कि मरीचिका हर बार दिखती थी, जब दीवारों में सूर्य किरणों से पर्याप्त गर्म हो जाती थी। इस सवृत्ति का फोटो भी खींचा जा चुका है।

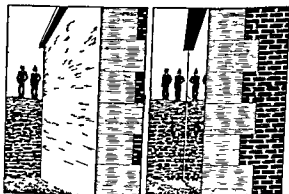
चित्र 118 में किले की दीवार F दिखायी गयी है, जो पहले सखड़ी व चमकहीन थी (बायें) और बाद में दर्पण सी चमकदार हो गयी



चित्र 117 किले का आरेख, जिसमें मरीचिका दृष्टिगोचर होती है। बिंदु A से देखने पर दीवार F दण्ड की तरह दिखती है और बिंदु A' से दीवार F ।

(दायें)। ये चित्र बिंदु A' से लिये गये हैं। बायें चित्र में साधारण चमकहीन कच्ची की दीवार है, जिसमें पास छोटे दो सनिकों की आकृतियाँ प्रतिबिम्बित नहीं हो रही हैं। दायें वही दीवार है, जिसमें दण्ड का काफी कुछ गुण आ चुका है और उसमें निवटवर्ती सनिक का सममित प्रतिबिम्ब दिख रहा है। स्पष्ट है कि यहाँ प्रतिबिम्ब दीवार की सतह द्वारा नहीं बन रहा है, वह दीवार के सहारे छोटी गर्म हवा की परत द्वारा बन रहा है।

प्रचंड गर्मी के दिनों में बड़े विशाल भवनों की सूर्य से तप्त दीवारों पर ध्यान देना चाहिये, हो सकता है कि मरीचिका दिख जाये। यदि ध्यानपूर्वक खोज व प्रेक्षण किया जाये, तो मरीचिका के बनने वाली स्थितियों की संख्या बढ़ सकती है।



चित्र 118 गदी सी रखी दीवार (बायें) हठात दण्ड की तरह पालिश की हुई चमकदार दिखने लगती है (दायें)।

“हरी किरण”

“आपने सागर पार क्षितिज पर अस्त होते हुए सूर्य का कभी भ्रवलोवन किया है? कभी आपने उस क्षण तक रुक कर देखने की कोशिश की है, जब सूर्य के गोल की ऊपरी विनारी क्षितिज को स्पष्ट करने लगती है और फिर लुप्त हो जाती है? शायद हाँ। पर क्या आपने इस घटना का भ्रवलोवन किया है, जब देदीप्यमान प्रकाश-स्रोत अपनी अतिम किरण छोड़ता है और उस समय आकाश बिल्कुल साफ व पारदर्शक होना है? शायद नहीं। कभी ऐसा भ्रवसर मिले, तो छोड़ें नहीं आपकी आँखों पर लाल किरणों का प्रहार नहीं होगा, आप हरा रंग देखेंगे, दीव्य हरा रंग, जैसा दुनिया में एक भी चित्रकार अपनी बूची से नहीं रच सकता, स्वयं प्रकृति भी इसे पुनर्जन्म नहीं दे सकती, न तो बहुभाषी वनस्पति जगत में, न स्वच्छतम सागर जल के रंगों में।”

जून वेन के उप-यास “हरी किरण” की नायिका किसी अंग्रेजी सामाचार-पत्र में ऐसा एक निबन्ध पढ़ कर अपनी आँखों से हरी किरण देखने को लालामित हो उठती है और इसी एवमात्र अभिलाषा से प्रेरित हो कर लबी समुद्रयात्रा पर निकल पड़ती है। उप-यासकार के अनुसार यह स्कीटलड-बाला इस प्राकृतिक दृश्य को ढूँढने में असफल रही, पर इस दृश्य की वास्तविकता व विद्यमानता पर कोई शक नहीं किया जा सकता। हरी किरण कोई विस्से की बात नहीं है, पर उसके साथ अनेक विस्से जुड़े हैं। यह ऐसा दृश्य है जिसे देख कर कोई भी प्रकृति प्रेमी मोहित हुए बिना नहीं रह सकता। लेकिन उसे ढूँढने और देख सकने के लिये काफी धीरज चाहिये।

हरी किरण क्यों प्रकट होती है।

कारण स्पष्ट हो जायेगा, यदि आप स्मरण करें कि नीचे के प्रिज्म से देखने पर वस्तुएँ कसी नजर आती हैं। एक प्रयोग करे कागज का पत्रा दीवार पर लटका कर उसे प्रिज्म से देखें, प्रिज्म का चौड़ा पार्श्व (आधार) नीचे व क्षैतिज होना चाहिये। पहली बात आप देखेंगे कि कागज अपनी वास्तविक स्थिति से कुछ ऊपर उठ आया है और, दूसरे, ऊपर बैंगनी-नीली पट्टी दिखेगी और नीचे पीली-लाल। कागज का ऊपर उठना प्रकाश के अपवर्तन पर निर्भर करता है और वण पट्टियाँ का वनना शीशे के प्रकीर्णक गुण, अर्थात् भिन्न रंगों की किरणों को भिन्न प्रकार से

अपवर्णित बरों के गुण पर निर्भर करता है। बैंगनी और नीला रंग सबसे अधिक अपवर्णित होते हैं, इसीलिये बैंगनी-नीली पट्टी ऊपर नजर आती है, सबसे कम अपवर्णन होता है सात रंगों का, प्रायः सात पट्टी सबसे नीचे बनाई है।

धारा बही गयी आवाज को अच्छी तरह से समझने के लिये वर्ण-पट्टियों की उत्पत्ति का कारण जानना आवश्यक है। प्रिज्म कागज के रंगों को सभी स्पेक्ट्रमी रंगों में विपटित कर देता है। इससे कारण कागज के एक नहीं, अनेक चित्र प्राप्त होते हैं, और हर चित्र किसी एक रंग का होता है। पर ये चित्र रंगों की अपवर्तनगोतता के अनुसार एक के ऊपर एक चढ़े होते हैं। एक पर एक चढ़े रंगीन चित्रों के सम्मिलित प्रभाव के कारण वे सफेक दिखते हैं। पर ऊपर और नीचे इन्द्रधनुषी पट्टी दिखती है, क्योंकि कागज के विभिन्न चित्र पूरी तरह से एक पर एक नहीं चढ़े होते। हर चित्र दूसरे से थोड़ा ऊपर या नीचे घिसवा हुआ होता है और इसीलिये हर चित्र की ऊपरी व निचली किनारी दूसरे चित्रों के रंगों के प्रभाव से मुक्त होती है। यह प्रयोग विख्यात जर्मन कवि गेटे ने भी किया था, पर वे इसका अर्थ नहीं समझ सके। फलस्वरूप उन्होंने 'यूटन के वर्णसिद्धांत' को गलत करार कर दिया और वे अपना एक अलग "वर्णसिद्धांत" बनाने में लग गये, जो लगभग पूरी तरह गलत-सतत धारणाओं पर आधारित था। आशा है कि हमारे पाठक महान कवि की भूल नहीं दुहरायेंगे और प्रिज्म से सभी वस्तुओं को पूरी तरह से दूसरे रंगों में रंगने की भाग नहीं करेंगे।

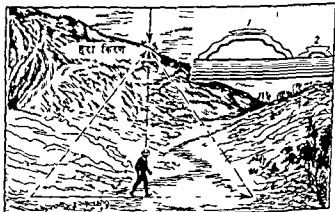
पृथ्वी का वातावरण हमारी आँखों के लिये एक विराट प्रिज्म ही है, जिसका आधार नीचे की ओर है। क्षितिज पर स्थित सूर्य को हम यहाँ के बने प्रिज्म से देखते हैं। सूर्य की ऊपरी किनारी पर नीली व हरी पट्टी होती है और निचली किनारी पर—लाल-पीली। लेकिन उदय व अस्त होने के क्षण, जब सूर्य लगभग पूरी तरह क्षितिज के नीचे छिपा होता है, ऊपरी किनारी पर नीली पट्टी दिख सकती है। वह द्विवर्णी होती है—नीचे से नीले व हरे रंगों के मिलने के कारण आसमानी और ऊपर से सिर्फ नीली होती है। जब क्षितिज के निकट हवा बिल्कुल शुद्ध व पारदर्शक होती है, हम नीली पट्टी ('नीला रंग') देखते हैं। पर अक्सर नीला रंग वातावरण द्वारा प्रकीर्णित हो जाता है और सिर्फ हरी पट्टी बच जाती है। यही 'हरी किरण' का अवतरण कहलाता है। यदि हवा साफ व पारदर्शक नहीं हो,

तो हरे व नीले दोनों ही वर्णों के विरणों का प्रकीर्णन हो जाता है और कोई भी पट्टी नहीं दिखती, सूरज मरूणाम गोले के रूप में अस्त हो जाता है।

पुल्कोव्स्की के खगोलशास्त्री ने भा तीघोव ने "हरी विरण पर जो विशेष ध्वेषण किया है, उसके आधार पर हरी विरण दिखेगी या नहीं, इसके लक्षण बताये जा सकते हैं। "यदि अस्त होते समय सूर्य का रंग लाल है और उसे नगी आँखों से सरलतापूर्वक देखा जा सकता है, तो विश्वासपूर्वक कहा जा सकता है कि हरी विरण नहीं दिखेगी।" कारण स्पष्ट है सूर्य का लाल रंग वातावरण द्वारा नीली व हरी किरणों, अर्थात् ऊपरी पट्टियों के तीव्र प्रकीर्णन का द्योतक है। 'इसके विपरीत, - खगोलशास्त्री लिखता है, - यदि सूरज का साधारण श्वेताभी पीला रंग लगभग ज्यों का त्यों रह जाता है और अस्त होते वक्त भी उसकी रोशनी काफी तेज रहती है (अर्थात् वातावरण उसके प्रकाश को बहुत कम मात्रा में अवशोषित करता है - या वे), तो हरी विरण के दिखने की कहीं अधिक संभावना है। पर यहाँ महत्वपूर्ण बात यह भी है कि क्षितिज रेखा स्पष्ट हो, जंगल, मकान आदि के कारण बड़ी छँटी न हो। ऐसा उत्तम स्थान सिर्फ सागर-तट पर ही हो सकता है। यही कारण है कि नाविक लोग हरी विरण की सवृत्ति से अधिक परिचित होते हैं।"

उपरोक्त बातों से स्पष्ट है कि "हरी किरण" देखने के लिये सूर्य का अवलोकन उस समय करना चाहिये, जब वह उदय या अस्त हो रहा हो। दक्षिणी देशों में क्षितिज के पास आकाश अधिक साफ व पारदर्शक होता है। इसीलिये वहाँ "हरी किरणों के दिखने की संभावना अधिक होती है। पर हमारे यहाँ भी इसकी कम संभावना नहीं है। जो लोग सोचते हैं कि हमारे यहाँ ऐसी अवस्थितियों का दर्शन अत्यंत विरल है, वे शायद जूल वेर्न के उपन्यास से काफी प्रभावित हुए हैं। यदि धैर्यपूर्वक प्रयत्न करेंगे, तो यह सुंदर दृश्य कभी न कभी दिख ही जायेगा। कभी-कभी दूरबीन द्वारा हरी किरण दिख जाया करती है। एजेशिया के दो खगोलशास्त्री इस दृश्य का निम्न वर्णन देते हैं

' सूर्यास्त के ठीक एक मिनट पहले जब गोले का पर्याप्त बड़ा भाग दिखता रहता है, उसकी स्पष्ट पर लहराती आगे-पीछे फिसलती गोल सीमा-रेखा एक हरी पट्टी द्वारा घिरी होती है। यह पट्टी नगी आँखों से तबतक नहीं दिखती, जबतक कि सूर्य पूरी तरह छिप नहीं जाता। सूरज के पूर्णतया



चित्र 119 लंबे समय तक "हरी किरणों" का भ्रवलोकन, पहाड़ी के पार हरी किरणें पांच मिनट तक दिखायी देती रही। ऊपर दायें-टली स्कूप से दृष्टिगोचर "हरी किरणें"। सूर्य के गोले का कट्टर अनियमित है। स्थिति 1 में सूर्य की चमक से आँखें चकाचौंध हो जाती हैं, इसीलिये नगी आँखों से सूर्य का हरा कोर नहीं दिखता। स्थिति 2 में सूर्य लगभग छिप जाता है और "हरी किरण" नगी आँखों से दिखने लगती है।

छिपने पर ही वह दिखती है। यह कहना अधिक सही होगा कि वह सूरज के पूणतया छिपने के क्षण ही दिखती है। यदि बहुत शक्तिशाली दूरबीन से देखा जाये (जो दूरस्थ वस्तुओं को सौ गुनी बड़ी दिखा सकते हो), तो पूरी घटना को सविस्तार देखा जा सकता है हरी पट्टी 10 मिनट पहले से दिखनी शुरू हो जा सकती है। वह सूरज की ऊपरी सीमा से शुरू होती है। सूर्य मंडल की निचली किनारी के पास लाल पट्टी होती है। हरी पट्टी की चौड़ाई आरंभ में काफी कम होती है (आँखों पर मात्र कुछ सेकेंड का कोण बनाती है।), पर सूरज के डूबने के साथ-साथ बढ़ती जाती है। कभी-कभी उसकी चौड़ाई आँख पर आधे मिनट तक का कोण बना लेती है।

हरी पट्टी की ऊपरी किनारी पर हरे रंग के उभरे हुए भाग भी होते हैं, जो सूर्य के अस्त होने के साथ-साथ स्वयं भी नीचे फिसलते रहते हैं। कभी-कभी वे टूट कर पट्टी से अलग हो जाते हैं और कुछ सेकेंडों तक स्वतंत्र चमकते रहते हैं, फिर लुप्त हो जाते हैं (चित्र 119)।

पर बहुधा यह दृश्य एक-दो सेकेड तक ही दिखता है। कुछ विशेष स्थितियां में यह अवधि काफी लंबी हो जा सकती है। एक बार तो "हरी किरण" पांच मिनट तक दिखती रही थी। सूरज सुदूर पर्वत के पार डूब रहा था। तेज चलते पथिक को लग रहा था कि सूरज अपने हरे तेज में पहाड़ की ढलान पर फिसल रहा है (चित्र 119)।

सूर्योदय के समय भी, जब उसकी ऊपरी किनारी थोड़ी-थोड़ी दिखने लगती है, "हरी किरण" का दृश्य कम रोचक नहीं होता। यह इस घाटना का खडन करता है कि हरी किरण मात्र प्रकाशिकीय भ्रम है, जो डूबते सूर्य की चमक से थकी आंखों को दिख जाती है।

सूर्य कोई एकमात्र नक्षत्र नहीं है, जो "हरी किरणें" भेजता है। अस्त होते शूक्र ग्रह से भी उत्पन्न "हरी किरणें" अवलोकित हुई हैं।

दृष्टि-शक्ति एक आंख की ओर दो आंखों की

जब फोटोग्राफी नहीं थी

फोटोग्राफी हमारे दैनिक जीवन में बिल्कुल घुल मिल गया है। हम कल्पना भी नहीं कर सकते कि हमारे हाल के पूर्वज उसे इसके बिना काम चलाते थे। सौ साल पहले इंग्लैंड के सरकारी विभागों में लोगों का चित्र कैसे लिया जाता था, इसका एक रोचक वृणन डिक्से के "पिकविक क्लब की डायरी" में मिलता है। दृश्य ब्रज नहीं चुका सकने वाले लोगों के लिये बने जेल का है, जहाँ पिकविक को लाते हैं।

पिकविक से बठने के लिये कहा जाता है, ताकि उसका चित्र उतारा जा सके।

'-मेरा चित्र उतारेगे!' - खुश हो कर मि पिकविक ने कहा।

-आपका रूप और रंग, सर, -मोटे जेलर ने कहा।-आपको मालूम होना चाहिये कि हम लोग चित्र उतारने में उस्ताद हैं। पलक मारने की देर नहीं लगेगी कि आपका चित्र तयार हो जायेगा। आराम से बठिये, सर, अपना ही घर समझिये।

आमत्तण मान कर मि पिकविक बठ गये। समुएल (उनके नौकर) ने उनके कान में फुसफुसा कर कहा कि यहाँ 'चित्र उतारने' का मतलब कुछ और ही है

-इसका मतलब है, सर, कि जेलर कुछ समय तक गौर से आपकी शकल देखेंगे, ताकि मिलने आये लोगों में आपकी पहचान हो सके।

'चित्र उतारने' का काम शुरू हो गया। एक तरफ मोटा जलर बैशमी से आँखें फाडे मि पिकविक को देख रहा था और दूसरी तरफ उसका साथी एक नये बँदी पर टकटकी लगाये बठा था। एक तीसरे सज्जन ठीक मि पिकविक की नाक के पास तैनात हो कर उनकी शकल के उतार चढ़ाव व दूसरी विशेषताओं का अध्ययन करने लगे।

अंत में चित्र उतर गया और मि पिक्विन को बदधाने में बद कर दिया गया।”

यह यादाश्त में चित्र उतारने की विधि थी। इसके और पहले लोग सिर्फ हुलिया याद रखते थे। पुस्किन के “बरिस गदुनोव” में प्रिगोरी अतरेयेव की हुलिया सरकारी कागजातों में इस प्रकार बयान थी “बद का छोटा, छाती चौड़ी, एक हाथ दूसरे से कुछ छोटा, भ्राँखें नीसी, बाल-भूरे-लाल, गाल व ससाट पर मस्ते”। आज के जमाने में एक फोटोचित्र से ही काम चल जाता है।

बहुतों को नहीं आता

फोटोग्राफी हमरि यहाँ पिछली शती की चौथी दशाब्दी में आयी। उस समय इसे डागेरोटाइप कहते थे।¹ उसे कागज पर नहीं घातुई पत्तरा पर उतारा जाता था। इस प्रकाश-लेखन में एक अनुविधा थी—फोटो खिचाने वाले को दसियों मिनटों तक बैठ कर पोज देना पड़ता था।

“मेरे दादा,—लेनिनप्राद के एक भौतिकविद् प्रो वेइनबेर्ग याद करते हैं,—सिर्फ एक फोटो प्राप्त करने के लिये, जिसकी दूसरी प्रति भी नहीं बन सकती थी, कमरे के सामने 40 मिनट तक बैठे रहे।”

फिर भी, बिना चित्रकार के चित्र प्राप्त करने का विचार इतना नया था कि लोग इसके आदी नहीं हो पा रहे थे। 1845 ई की एक रूसी पत्रिका में इससे संबंधित एक रोचक घटना छपी थी।

“बहुत से लोग अभी भी विश्वास करना नहीं चाहते कि डागेरोटाइप स्वयं तस्वीर उतारता है। एक बड़े आदमी अपनी चित्र बनवाने आये। मालिक (अर्थात् फोटोग्राफर।—या पे) ने उसे बैठा दिया, लेस ठीक किया, पीछे से तख्ता फिट कर दिया, धड़ी देखी और बाहर निकल गया। जबतक मालिक कमरे में था, ये बड़े आदमी बिना हिले-डुले अपनी जगह पर बैठे रहे, पर जैसे ही वह कमरे से निकला, तस्वीर खिचाने वाले साहब ने बैठे रहने की कोई जरूरत नहीं समझी।

¹ इस विधि के आविष्कारक डागेर थे।

वे खड़े हो गये, तबाकू सूधी, और कैमरे के चारो ओर धूम-धूम कर उसका निरीक्षण करने लगे, शीशे में झाँकने के बाद बड़बड़ाये—अजीब चीज है, और फिर कमरे में चहलकदमी करने लगे।

मालिक जब लौटा, आश्चर्यचकित रह गया। उसने पूछा—आप क्या कर रहे हैं? मैंने जो आपसे कहा था कि बिना हिले डूने बैठे रहिये।

—बैठा तो था ही, पर आप चले गये, फिर मैं बठ कर क्या करता ?

—मेरे जाने के बाद ही तो बैठना था।

—पर यह तो बेकार का बठना होता !”

पाठको को शापद लगता हो कि अब हम फोटोग्राफी से संबंधित ऐसी गलतफहमियों से बहुत दूर हो चुके हैं। पर हमारे समय में भी अधिकांश लोग फोटोग्राफी से इतना परिचित नहीं हैं और बहुत कम ही लोग ऐसे हैं, जिन्हें फोटो चित्र देखना आता हो। आप सोचते होंगे कि इसमें आने न आने का क्या सवाल है हाथ में तस्वीर ली और देख ली। पर काम इतना सीधा नहीं है। प्रकाश-लेखन से प्राप्त चित्र ऐसी चीज है, जो हमारे दैनिक जीवन में बिल्कुल घुल मिल गयी है, फिर भी हम इसे अच्छी तरह नहीं जानते। अधिकतर फोटोग्राफर भी (शौकिये और पेशेवर) फोटो चित्रा को वैसे बिल्कुल नहीं देखते, जैसे देखना चाहिये। फोटोग्राफी की कला के जन्म के बीस साल हो गये हैं, फिर भी बहुत से लोग नहीं जानते कि इसके चित्रा को कैसे देखना चाहिये।

फोटो चित्र देखने की कला

बनावट के अनुसार फोटो-कैमरा एक बहुत बड़ी आँख के समान है दूधिये शीशे पर बनने वाला चित्र लेस और वस्तु के बीच की दूरी पर निभर करता है। फोटो-कैमरा वागज पर उस परिप्रेक्षी दृश्य को जड देता है, जो हमारी आँख को (ध्यान दें—सिर्फ एक आँख को !) दिखता, यदि उसे लेस की जगह रख देते। इससे यह निष्क्य निवृत्तता है कि यदि हम चित्र से वैसे ही अनुभूति प्राप्त करना चाहते हैं, जैसी वास्तविकता से मिलती है, तो हमें चाहिये—

1) चित्र को सिर्फ एक आँख से देखना और

2) चित्र को आँख से आवश्यक दूरी पर रखना।

समझना कठिन नहीं है कि दोनों आँखों से देखने पर हमें सिर्फ समतली चित्र मिलेगा, जिसमें कोई परिप्रेक्षी (व्योम) गहराई नहीं होगी। यह हमारी दृष्टि के गुणों का आवश्यक परिणाम है। जब हम काँच का वस्तु को देखते हैं, हमारे दृष्टि-पटलों पर दो असमान चित्र बनते हैं बायीं आँख को बिल्कुल वही नहीं दिखता, जो दायीं आँख को दिखता है (चित्र 120)। चित्रों की यह असमानता ही वह मुख्य कारण है, जिसके चलते हमें वस्तुएँ ठोस लगती हैं, चौरस नहीं। हमारी चेतना दोनों ही संवेदनाओं को एक व्योमदर्शी चित्र में मिला लेती है (व्योमदर्शी की बनावट इसी पर आधारित है)। यदि हमारे सामने कोई चौरस समतली वस्तु (जैसे दीवार) होती, तो दूसरी बात होती। दोनों आँखों का बिल्कुल समान संवेदनार्थक मिलती, इस समानता के कारण ही हमारी चेतना वस्तु को चौरस रूप में देखती है।



चित्र 120 चेहरे से कुछ दूरी पर उगली बायीं व दायीं आँखों से कसी दिखती है।

अब स्पष्ट हो गया कि दोनों आँखों से फोटो चित्र देखने पर हम कसी गलती करते हैं, दोनों आँखों से देख कर हम चेतना को दो समान संवेदना चित्र भेजते हैं, जिससे उसे विश्वास हो जाता है कि उसके सामने समतली दृश्य है, व्योम दृश्य नहीं। जो चित्र एक आँख के लिये बनाया गया है, उसे दोनों आँखों से देखने के कारण हमें वह नहीं मिलता, जो फोटोग्राफी दे सकती है। फोटोग्राफी द्वारा इतना अच्छा बनाया गया चित्र हमारी छोटी सी गलती के कारण नष्ट हो जाता है।

फोटो किस दूरी से देखना चाहिये ?

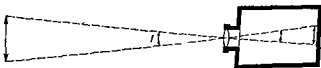
दूसरा नियम—कि चित्र को आँख से एक विशेष दूरी पर रखना चाहिये—भी इतना ही महत्वपूर्ण है। इसकी अवहेलना करने पर सही परिप्रेक्ष्य नहीं प्राप्त हो सकता।

कितनी दूरी से देखना चाहिये ?

दूरी इतनी होनी चाहिये कि चित्र आँख पर उतना ही बड़ा कोण बनाये, जितना बड़ा वस्तु लेस पर बना रही थी (जब फोटो खींचा जा रहा था), या दूधिये शीशे पर का बिंब लेस पर बना रहा था (चित्र 121)।

इससे जात होता है कि चित्र को आँख से उस दूरी पर रखना चाहिये, जो लस से वस्तु की दूरी से उतनी ही गुनी कम है, जितनी गुनी वास्तविक वस्तु चित्र से बड़ी है। सक्षेप में, चित्र को आँख से उस दूरी पर रखना चाहिये, जो लगभग लेस की नाभिकीय दूरी के बराबर है।

यदि आप यह ध्यान में रखें कि अधिकतर शौकिया फोटोग्राफी के कमरो में नाभिकीय दूरी 12-15 cm है¹, तो समझ जायेंगे कि हम कभी भी चित्रों को सही दूरी से नहीं देखते। साधारण दृष्टि वाले लोग 25 cm से कम की दूरी पर नहीं देख पाते। दीवार पर लटका हुआ फोटो चित्र और भी चौरस लगता है क्योंकि वह और भी दूर से देखा जाता है।



चित्र 121 फोटो कमरे में कोण 1 बराबर है कोण 2 के।

सिर्फ निकट दृष्टि वाले लोग, जो कम दूरी पर भी अच्छी तरह से देख सकते हैं (और बच्चे भी, जो काफी निकट से देखने की क्षमता रखते हैं), उस प्रभाव का रसास्वादन कर सकते हैं, जो एक साधारण फाटा चित्र दे सकता है। आँख से 12-15 cm की दूरी पर फोटो चित्र रख कर वे चौरस दृश्य नहीं देखते, बल्कि व्योम दृश्य देखते हैं, जिसमें निकटवर्ती वस्तु दूरस्थ वस्तुओं से स्पष्टतः अलग दिखती है जैसा कि व्योमदर्शी में।

आशा है कि अब पाठक इस बात से सहमत हो जायेंगे कि अधिकांश हम सिर्फ अपनी अनजानता के कारण ही फोटो चित्रों का पूरा आनंद नहीं ले पाते और बेकार ही उन्हें निर्जान की सजा देते हैं। बात सिर्फ इतनी

¹ पुस्तक में उही कैमरो की बात चल रही है, जो इसकी रचना-काल में प्रचलित थे। - संपादक।

है कि हम फोटो को आँखा से आवश्यक दूरी पर नहीं रखते और एक आँख के लिये बने चित्र को दो आँखों से देखते हैं।

विशालक शीशों का एक विचित्र गुण

हम समझा चुके हैं कि निकट दृष्टि के लोग साधारण फोटो चित्रों को आराम से व्योम चित्रों के रूप में देख सकते हैं। पर साधारण दृष्टि वाले लोगों को क्या करना चाहिये? वे चित्र को आँखों के बहुत निकट नहीं ला सकते, पर उनकी मदद विशालक शीशा कर सकता है। दुगुनी परिवर्धक शक्ति वाले विशालक की सहायता से वे बिना आँखों पर जार डाले निकट दृष्टि वाले आदमी की तरह देख सकते हैं कि कैसे फोटो चित्र में उभार व गहराईयाँ उत्पन्न हो जाती हैं। इन तथ्यों से स्पष्ट हो जाता है कि एक आँख से देखने और दोनों आँखों से देखने में काफी बड़ा अंतर है। एक आँख से देखने पर साधारण फोटो चित्र में व्योम गुणों का दर्शन हो सकता है।

यह तथ्य सच्यविदित है, पर इसका कारण, जो हमारे लिये स्पष्ट हो चुका है, बहुत कम लोग जानते हैं।

“मनोरञ्जक भौतिकी” के एक समीक्षक ने मुझे लिखा था

पुस्तक के अगले प्रकाशन में निम्न प्रश्न पर ध्यान दें साधारण विशालक में देखने पर फोटो चित्र उभारयुक्त क्यों लगता है? मेरा खयाल है कि व्योमदर्शी की जटिल व्याख्यायें आलोचना के सामने नहीं टिकती। व्योमदर्शी में एक आँख से देखने की कोशिश करे सिद्धांतों व बावजूद भी व्योम दृश्य स्पष्ट नहीं होता।

पाठकों का तो स्पष्ट हो गया होगा कि व्योमदर्शी का सिद्धांत इस तथ्य से गलत सिद्ध नहीं होता।

खिलौनों की दुकानों में बिकने वाले ‘पनोरमा’ इसी रोचक प्रभाव पर आधारित हैं। इन नए उपकरणों में लोगों के ग्रुप या किसी भूदृश्य का चित्र विशालक शीशों द्वारा एक आँख से देखा जाता है। व्योम दृश्य की प्राप्ति के लिये यह काफी है। इस भ्रम को और प्रभावी बनाने के लिये चित्र में से निकट की वस्तुओं को काट कर आँख के कुछ निकट रख देते हैं। हमारी आँखें निकटवर्ती वस्तुओं के व्योम सबधों के प्रति बहुत संवेदनशील हैं, पर दूरस्थ वस्तुओं के प्रति नहीं।

फोटो चित्र का परिवर्धन

क्या ऐसा फोटो चित्र नहीं बनाया जा सकता कि उसे साधारण आँख भी बिना किसी विशालक के सही सही देख सकें? यह पूरी तरह से संभव है, इसके लिये कमरे में अधिक नाभिक दूरियाँ वाले लेंस का उपयोग करना चाहिए। पहले कही गयी बातों के आधार पर यह समझा जा सकता है कि 25-30 cm लंबी नाभिक दूरी वाले लेंस से प्राप्त फोटोचित्र को एक आँख द्वारा साधारण दूरी से देखा जा सकता है, वह उभारयुक्त नजर आयेगा।

ऐसी तस्वीर भी बनायी जा सकती है, जिसे दोनों आँखों व बड़ी दूरियाँ से देखा जा सकता है। हम कह चुके हैं कि जब दोनों आँखें किसी वस्तु की दो बिल्कुल समान तस्वीरें देती हैं, तो हमारी चेतना उन्हें मिला कर समतली चित्र में परिणत कर देती है। पर दूरी बढ़ने पर चेतना की यह प्रवृत्ति क्षीण होती जाती है। 70 cm लंबी नाभिक दूरी वाले लेंस से खींचे गये चित्र को व्यावहारिकतः दोनों आँखों से देखा जा सकता है, परिप्रेष्य खराब नहीं होगा।

पर अधिक नाभिक दूरी वाले कमरे लेंसों का प्रयोग असुविधाजनक है, अतः एक दूसरी विधि बतायी जा सकती है साधारण लेंस वाले कमरे से तस्वीर खींच कर उसे डेबेलपर द्वारा परिवर्धित कर देते हैं। इससे वे दूरियाँ भी बढ़ जाती हैं, जिनसे चित्र को देखना चाहिये। यदि 15 cm नाभिक दूरी वाले लेंस से खींचे गये फोटो को 4 या 5 गुना बड़ा कर लिया जाये, तो इष्ट प्रभाव प्राप्त करने के लिये यह काफी रहेगा इस चित्र को 60-75 cm की दूरी से दोनों आँखों द्वारा देखा जा सकता है। चित्र में थोड़ी अस्पष्टता रहेगी, पर यह व्योमानुभूति में बाधक नहीं बनेगी। उभार व परिप्रेष्य के दृष्टिकोण से चित्र बेहतर फायदे में रहेगा।

सिनेमा हॉल में उत्तम स्थान

सिनेमा के प्रेमियों ने ध्यान दिया होगा कि कुछ चित्रों में वस्तुओं की उभार व गहराई असाधारण रूप से स्पष्ट होती हैं। पृष्ठभूमि की तुलना में आगे की आकृतियाँ इतनी उत्तल होती हैं कि भाव भूल जाते हैं कि पर्दे पर देख रहे हैं या वास्तविकता में।

चित्र के व्योम गुण फिल्म की कोटि पर ही निर्भर नहीं करते, जैसा कि अक्सर सोचा जाता है। यह इस बात पर भी निर्भर करता है कि आप हौन में कहा बठे हैं। चल चित्र अत्यंत लघु नाभिक-दूरी वाले कैमरो द्वारा लिये जाते और पर्दे पर अत्यधिक परिवर्धित रूप में दिखाये जाते हैं— करीब 100 गुना अधिक। अत उन्हे दोनो आँखो व बडी दूरियो (10 cm × 100 = 10 m) से देखा जा सकता है। चित्र के व्योम गुण अधिकतम स्पष्ट होते हैं, जब वह आँखा से इतना दूर होता है कि उसने द्वारा हमारी आँख पर बनाया गया कोण चित्र खींचते वक्त लेस पर वस्तु द्वारा बनाये गये कोण के बराबर होता है। सिफ इस स्थिति में चित्र वास्तविक परिप्रेक्ष्य का भान कराता है।

लेकिन किस स्थान से चित्र हमारी आँखो पर ऐसा कोण बना सकेगा? प्रथमत, स्थान ऐसा होना चाहिये कि आप वहाँ से सीधा चित्र के बीच में देख सके और, दूसरे, पर्दे से आपकी दूरी और चित्र की चौड़ाई का अनुपात लेस को नाभिक दूरी व फिल्म रील की चौड़ाई के अनुपात के बराबर हो।

चल चित्रो के लिये उपयुक्त लेसो की नाभिक दूरिया आवश्यकतानुसार 35 mm 50 mm 75 mm 100 mm तक की होती हैं। फिल्म की मानक चौड़ाई 24 mm होती है। 75 mm की नाभिक-दूरी के लिये (उदाहरणत) हम अनुपात मिलता है

$$\frac{\text{इष्ट दूरी}}{\text{चित्र की चौड़ाई}} = \frac{\text{फिल्म की चौड़ाई}}{\text{नाभिक दूरी}} = \frac{75}{24} \approx 3$$

अत इस स्थिति में पर्दे पर चित्र की चौड़ाई से लगभग तिगुनी दूरी पर बैठना चाहिये। यदि पर्दे पर चित्र की चौड़ाई 6 डेग है, तो ऐसे चित्रा को देखने के लिये उत्तम स्थान पर्दे से 18 कदम की दूरी पर होगा।

चल चित्रा को व्योम-गुण प्रदान करने के लिये आविष्कृत विधियो की जाँच करते वक्त उपरोक्त बातो को अवश्य ही ध्यान में रखना चाहिये ऐसा भी हो सकता है कि चित्र के व्योमदर्शीय गुणो का कारण अभी अभी बतायी गयी बात हा, जब कि आविष्कारक इसे अपनी विधि की देन मानता हो।

पत्रिकाओं में चित्र देखना

पुस्तको व पत्रिकाओ में छपे फोटो चित्रो में वे ही गुण होते हैं, जो मूल फोटो चित्रो में विशेष दूरी से एक आँख द्वारा देखने पर वे भी व्योम-

धर्मी प्रतीत होते हैं। पर पत्रिकाभा के सारे चित्र एक ही लेस द्वारा नहीं छींचे गये होते हैं, अतः आवश्यक दूरी टटोल-टटोल कर नात करना पड़ता है। इसके लिये एक आँख बंद कर के चित्र को हाथ में इस प्रकार रखें कि चित्र आँख से यथासम्भव महत्तम दूरी पर हो और उसका मध्य आँख की सीध में हो। अब चित्र को धीरे-धीरे आँखा के समीप लायें और साथ-साथ उस देखने भी रहें। आप आसानी से जान लेंगे कि किस दूरी पर चित्र के व्योमगुण अपनी परावाष्ठा पर होते हैं।

बहुत से चित्र, जो साधारणतः अस्पष्ट तथा समतली लगते हैं, उपरोक्त विधि से देखने पर स्पष्ट व व्योम धर्मी दिखन लगते हैं। इस प्रकार से देखने पर पानी की चमक स्पष्ट दृष्टिगोचर हाते हैं तथा इससे दूररे व्योमदर्शनीय प्रभाव भी नजर आने लगते हैं।

आश्चर्य होता है कि इतने साधारण तथ्या को भी बहुत कम लोग जानते हैं, जबकि यहा जा कुछ कहा गया है, कोई पचासएक साल पहल ही सरल व लोकप्रिय पुस्तको में लिखा जा चुका है। "बुद्धि की कतती के आधार' में उसके लेखक की कापेंटर फोटो चित्र देखने की विधि के बारे में लिखते हैं

'ध्यान देने योग्य है कि फोटो चित्र देखने की इस विधि में (जो ऊपर बताया जा चुकी है) वस्तु की सिफ व्योम विशेषतायें ही स्पष्ट नहीं हो जाती, दूसरी विशेषतायें भी सजीव हो उठती हैं और वास्तविकता का भ्रम बढ जाता है। फोटो चित्रों का सबसे कमजोर पक्ष है स्थिर पानी दिखा सकना। यदि पानी का चित्र दोनों आँखों से देखा जाये, तो उसकी सतह माम से घिसी हुई लगती है। पर यदि उसे एक आँख से देखा जाये तो उसमें आश्चर्यजनक पारदर्शिता व गहराई नजर आने लगती है। यही बात अन्य परावतक सतहों के साथ भी है। दोनों आँखों से देखने पर आप भिन्न सतहों में फक नहीं ज्ञात कर सकते, पर एक आँख से देख कर आप कति और हाथी दाँत की सतहें पहचान सकते हैं। तात्पर्य यह है कि वस्तु किस द्रव्य की बनी है, इसका निणय आप चित्र के आधार पर तभी कर सकते हैं, जब उसे एक आँख से देखें, न कि दोनों आँखों से।'

एक और परिस्थिति पर ध्यान दें। यदि फोटो चित्रा को परिवर्धित करने पर वे सजीव हो उठते हैं, ता उन्हे छोटा करने पर उनकी निर्जीवता बढ जाती है। यह बान दूसरी है कि फोटो चित्र छोटा बनाने पर वह अधिक

स्पष्ट होता है। पर साथ ही वह अधिक समतली दिखने लगता है और उसमें वस्तुओं के व्योम गुण नजर नहीं आते। इसका कारण उपरोक्त बातों से स्पष्ट है फोटोजिन्ना को छोटा करने से उसमें “परिप्रेक्षी दूरिया” (वस्तुओं के व्योम गुणों को दर्शाने वाली दूरिया), जो वैसे ही छोटी है, और भी छोटी हो जाती है।

चित्र देखना

जो कुछ फोटो चित्रों के बारे में कहा गया है, वह कुछ हद तक चित्रकार के हाथ से बनाये चित्रों के लिये भी सही है उन्हें भी एक विशेष दूरी से देखना चाहिये, तभी आप परिप्रेक्ष्य (चित्र में वस्तु के व्योम गुणों की अभिव्यक्ति, अर्थात् वस्तु की लंबाई व चौड़ाई, उसकी गहराई और उभार, आगे व पीछे के बिंदुओं में अंतर, आदि) को अनुभव कर सकेंगे। सिर्फ इसी स्थिति में चित्र आपकी सपाट नहीं लगेगा, उसमें आप वास्तविक दृश्य का दर्शन कर सकेंगे। इन चित्रों को भी एक आँख से देखना अधिक लाभप्रद रहेगा, विशेषकर यदि उनका आकार काफी बड़ा नहीं है।

“बहुत पहले से ही ज्ञात है, — उसी पुस्तक में इस प्रश्न के बारे में अमेज मनोवैज्ञानिक कारपेंटर लिखते हैं, — कि यदि चित्र में परिप्रेक्षी गुण, वस्तुओं के प्रकाशमान व छायेदार भाग और उनके स्थान क्रम आदि वास्तविकता के अनुरूप है, तो उसे भी एक आँख से देखना चाहिये, दोनों से नहीं। एक आँख से देखने पर चित्र और भी सजीव हो उठता है। सजीवता का प्रभाव और बढ़ाया जा सकता है, यदि हम उसे किसी नलिका द्वारा देखें, जिससे चित्र के सिवा और कुछ नहीं दिखे। इस तथ्य को पहले बिल्कुल गलत तरीके से समझाया जाता था ‘हम दो आँखों की बजाय एक आँख से अधिक अच्छा देखते हैं, — बेवक का कहना है, — क्योंकि हमारे जीवन शक्ति एक स्थान पर जमा हो जाती है और अधिक प्रभावशाली हो उठती है’।

पर वास्तविकता में यही बात कुछ और ही है। जब हम साधारण दूरी से चित्र को दोनों आँखों से देखते हैं, तो उसमें अधिक दृश्य को सपाट मानने पर विवश हो जाते हैं। पर जब हम उसे एक आँख से देखते हैं, हमारी बुद्धि परिप्रेक्ष्य, प्रकाश व छाया आदि के भ्रमों में अधिक आसानी

से विश्वास कर लेती है। भ्रम जद हम काफी देर तक गौर से चित्र देखते हैं, वह जल्द ही मूत हो उठता है, उसमे वस्तुओं के वास्तविक व्योम गुण प्रकट हो जाते हैं। भ्रम का प्रभावशाली होना इस बात पर निर्भर करता है कि चित्रकार ने कितनी सच्चाई से वास्तविकता को समतल कागज पर प्रक्षिप्त किया है। एक आँख से देखने पर यह लाभ होता है कि हमारी बुद्धि चित्र की मनचाही व्याख्या करने को स्वतंत्र होती है, चित्र मे भक्ति दृश्य को सपाट (समतली) मानने के लिये उसे कोई विवश नहीं करता।”

बड़े-बड़े चित्रों की फोटोग्राफी से प्राप्त छोटे चित्रों में वस्तुओं के व्योम गुण और अधिक उभर आते हैं। यह समझने में कठिनाई नहीं होगी, यदि आप स्मरण करेंगे कि चित्रों को छोटा करने पर अक्सर वह दूरा भी कम हो जाती है, जिस पर से उसे देखना चाहिये, और इसीलिये चित्र कम दूरी से ही व्योम दृश्य का भ्रम उत्पन्न कर सकती है।

व्योमदर्शी क्या है ?

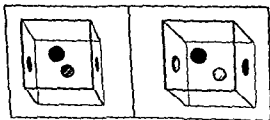
समतली (सपाट) चित्रों के बाद अब ठोस वस्तुओं पर भाँचें और निम्न प्रश्न पर गौर करे वस्तुएं आखिर ठोस (या त्रिविध) क्या लगती हैं, सपाट क्यों नहीं दिखती? आँख की रेटिना पर बनने वाले चित्र तो सपाट ही होते हैं। फिर वस्तुएं हमें समतली क्यों नहीं लगती, त्रिविध (लंबाई, चौड़ाई और भुटाई युक्त) क्यों नजर आती हैं?

इसके कई कारण हैं। प्रथमतः, वस्तु के विभिन्न भागों की अलग-अलग प्रकाशमानता के आधार पर हम वस्तु के वास्तविक रूप का अंदाजा लगा सकते हैं। दूसरे, इसमें उस तनाव की भी महत्वपूर्ण भूमिका है, जो हम वस्तु के भिन्न दूरियों पर स्थित भागों को समान स्पष्टता से देखने की कोशिश करते वक्त अनुभव करते हैं। सपाट चित्र के सभी भाग हमारी आँखों से समान दूरी पर स्थित होते हैं, पर ठोस पिंड के भिन्न भाग हमारी आँखों से भिन्न दूरियों पर होते हैं और उन्हें देखने के लिये आँख को अलग-अलग दूरियों पर फोकस करना होता है। पर सबसे महत्वपूर्ण कारण यह है कि हमारी दोनों आँचें एक ही वस्तु के अलग-अलग चित्र प्राप्त करती हैं। बायीं आँख व दायीं आँख किसी भी वस्तु का बिल्कुल समान चित्र नहीं प्राप्त करतीं। यह भाप आसानी से मान लेगे, यदि किसी समीपस्थ

वस्तु को बारी-बारी से एक एक भाँख बद कर के देखेंगे। हर भाँख वस्तु का कुछ भिन्न चित्र देती है और मस्तिष्क इसी भिन्नता की व्याख्या के आधार पर त्रिविम वस्तु की संवेदना प्राप्त करता है (चित्र 120 व 122)।

अब आप कल्पना करे कि किसी एक वस्तु के दो चित्र हैं एक चित्र म वस्तु इस तरह से अंकित है, जैसे बायीं भाँख उसे देखनी है और दूसरे चित्र में—जैसे दायीं भाँख। यदि इन चित्रों का अवलोकन इस प्रकार से किया जाये कि हर भाँख सिर्फ 'अपना' चित्र ही देख सके, तो दो समतली चित्रों की जगह हमें एक उत्तल व्योम-गुणी वस्तु दिखेगी, वस्तु अधिक व्योम प्रतीत होगी, बनिम्बत की यदि हम एक भाँख से वास्तविक ठोस पिंड ही देखें। इस तरह के युग्म चित्र विशेष उपकरण द्वारा देखे जाते हैं, जिन्हें व्योमदर्शी कहा जाता है। पुराने व्योमदर्शियों में चित्रों का सगम दपण की मदद से कराया जाता था पर आधुनिक व्योमदर्शियों में हम शीशे के उत्तल प्रिज्मों की सहायता लेते हैं वे किरणों के पथों को इस प्रकार से विचलित करते हैं कि उन्हें मन ही मन पीछे बढ़ाने पर दोनों चित्र एक दूसरे के ऊपर आ जाते हैं। प्रिज्मों की उत्तलता के कारण चित्र कुछ परिवर्धित भी हो जाते हैं। जैसा कि आप देखते हैं, व्योमदर्शी का सिद्धांत अत्यंत सरल है। पर सरल साधना से भी कितना शक्तिशाली प्रभाव उत्पन्न किया जा सकता है।

अधिकतर पाठकों को निम्नलिखित विभिन्न दृश्यों की व्योमदर्शीय फोटोग्राफी देखने का अवसर मिला होगा। कड़ियाँ न व्योमदर्शी में आकृतियों का आरेख भी देखा होगा, जो व्योम ज्यामिति का पठन पाठन सरल करने के लिये बनाये जाते हैं। आपने हम व्योमदर्शी के इन प्रचलित उपयोगों के बारे में बातें नहीं करेगीं। ऐसे उपयोगों के बारे में बताना अधिक लाभदायक होगा, जिसे बहुत कम लोग जानते हैं।



चित्र 122 घब्वेदार काँच का घन, बायीं व दायीं भाँखों से देखने पर।

हमारा नेत्रगिर व्योमदर्शी

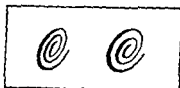
व्योमदर्शीय चित्रों को प्राप्त बिना किसी विशेष उपकरण के प्राप्त करने हैं। इनके लिये सिर्फ आँखों को अनुकूल स्थिति में निर्दिष्ट करने का अभ्यास करना होगा। परिणाम यही मिलेगा, जो व्योमदर्शी से देखने पर मिलता है, सिर्फ चित्रों का आकार बड़ा नहीं लियेगा। व्योमदर्शी के आविष्कारक पिटाता ने शुरू-शुरू इसी विधि का उपयोग किया था।



चित्र 123 घब्र्या के मध्य में कुछ देर तक गौर से देखते रहें—दोनों घब्र्ये एक में मिल जायेंगे।

यहाँ कुछ व्योमदर्शीय चित्र लिये जा रहे हैं, जो जटिलता के क्रम में हैं। आपको सलाह है कि इन्हें बिना व्योमदर्शी के देखने का प्रयत्न करें। सफलता कुछ अभ्यास के बाद ही मिलेगी।¹

शुरू करें चित्र 123 से। इसमें बाले चित्र का एक जोड़ा है। आप उन्हें आँखों के सामने रखें और कुछ



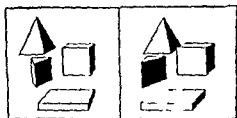
चित्र 124 इनके साथ भी यही करें। दोनों के एक में मिलने के बाद अगला अभ्यास प्रारम्भ करें।



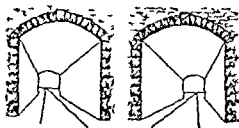
चित्र 125 जब ये आँखों में एक में मिल जायेंगी, आपको लगेगा, जैसे आप एक लकीर की के भीतरी भाग को देख रहे हैं।

¹यहाँ एक बात बता दूँ व्योमदर्शी में भी व्योम का दशन सबके वश का बात नहीं है। कुछ लोग (जैसे त्रिक दष्टि वाले या जो एक आँख से काम करने के आदी हैं) यह काम बिल्कुल नहीं कर सकते। कुछ लोगों को जब अभ्यास के बाद ही इसमें सफलता मिलती है। तीसरे प्रकार के लोग जो अधिकांशतः युवा-वर्ग से होते हैं, करीब पंद्रह मिनट के अभ्यास से ही सीख जाते हैं।

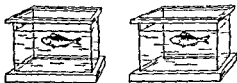
सबड तक उनके बीच से दष्टि न हटायें। साथ ही ऐसा प्रयत्न करे, मानो आप इन चित्रा के पीछे दूर रखी किसी वस्तु को देखना चाहते हैं। जल्द ही आप दखेंगे कि बिदे धा नही, चार हैं। हर बिदे के दो हो जाते हैं। इसके बाद बिनारे वाले बिदे तैरते हुए दूर भाग जायेंगे और भीतर के दो बिदे मिल कर एक हा जायेंगे। यदि आप यही क्रिया क्रमश चित्र 124 व 125 के साथ दुहरायेंगे, तो अंतिम स्थिति मे चित्रा के सगम के परिणामस्वरूप आपको एक दूर जानी लखी नली वा भीतरी भाग दिखेगा।



चित्र 126 इन दो भावृत्तिया के एक म मिलने पर चारा ज्यामितीय पिड हा मे तैरते से लगेंगे।



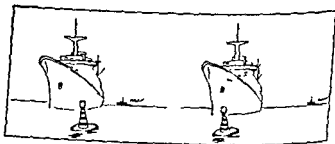
चित्र 127 सबा, दूर तक जाता हुआ गलियारा।



चित्र 128 वाच के बरतन म मछली।

इसमें सफलता मिलने के बाद आप चित्र 126 के साथ अभ्यास शुरू कर सकते हैं। यहाँ रागम के दाग हवा में तटकी ठोम ज्यामितीय प्राणियों को देखेंगे। चित्र 127 आपको एक सवा गतिपारा सिखायेगा। चित्र 128 पारदर्शक शीश के डिब्बे में तैरती मछली से आपका मन मोह लगे। और अंत में, चित्र 129 आपके सामने एक पूरा समुद्री दृश्य प्रस्तुत करेगा।

ऐसे सूक्ष्म चित्रों को बिना किसी उपकरण के देखना अपेक्षाकृत सरल से सीखा जा सकता है। मेरे कई मित्र कुछ बार ही कोशिश कर के एक कला में निपुण हो गए। निक्ट व दूर दृष्टि वाले लोगों को इन्हें देखने के लिये चश्मा उतारने की भी जरूरत नहीं है। देखना सीखते वक्त चित्रों को धाँप के सामने आगे-पीछे कर के आवश्यक दूरी ढूँढने का भी प्रयत्न करना चाहिये। अभ्यास के वक्त प्रकाश अच्छा होना चाहिये, इससे जल्द सफलता मिलेगी।



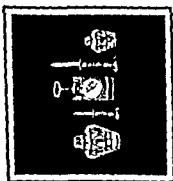
चित्र 129 सागर का व्योमदर्शी दृश्य।

बिना व्योमदर्शी के इन चित्रों को देखने का अच्छा अभ्यास कर लेने के बाद आप कोई भी व्योमदर्शीय फोटोग्राफी नगी आँखा से देख सकेंगे, आपको विशेष उपकरण की आवश्यकता नहीं पड़ेगी। आगे (पृ 200 व 212 पर) जो व्योमदर्शीय फोटो चित्र दिये गये हैं उन्हें भी खाली आँख देखने का प्रयत्न कर सकते हैं। पर इस बात का ध्यान अवश्य रखें कि आँखें धके नहीं।

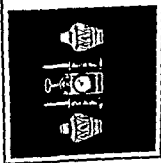
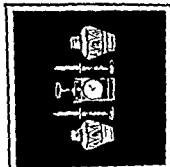
यदि आपको उपरोक्त अभ्यास में कठिनाई हो, तो किसी दूर-दृष्टि वाले के चश्मे से काम चला सकते हैं। गत्ते पर दो छेद कर के उसपर शीशों को चिपका दें। चित्रों के बीच कागज या गत्ते की दीवार बना दें। अब शीशों से देखें—यह अच्छे व्योमदर्शी का काम करेगा।



स्योमती से



गरी मर्बों से देखने पर



चित्र 130

एक भाँत से, दो भाँतों से

चित्र 130 में बायीं ओर में दो फोटो चित्रा में दबा पीने के लोच गिलास हैं, जो एक ही नाप के लगते हैं। आप कितना भी गौर से क्यों न देखें, गिलासों के आकार में कोई अंतर नहीं मिलेगा। तबिन अंतर है और काफी बड़ा अंतर है। गिलास समान लगते हैं, क्योंकि वे छोटा या बड़ा से समान दूरी पर नहीं हैं बड़ी बोलल दो छोटी बोललो से कुछ पीछे रखी है। पर कौन सी बोलल पीछे है? चित्रों के साधारण अवलोकन से आप यह निर्धारित नहीं कर सकते।

पर यदि आप व्योमदर्शी का सहारा ले या उपरोक्त व्योमदर्शक दृष्टि से देखें, तो प्रश्न का उत्तर देना सरल हो जाता है। आप देखेंगे कि बायीं ओर का गिलास बीच वाले से पीछे है और बीच वाला—दायें गिलास से। गिलासों के आकार का वास्तविक अनुपात दायें चित्र में दिखाया गया है।

चित्र 130 में ही (नीचे) एक इससे भी आश्चर्यजनक स्थिति दिखायी गयी है। आप सुराहिया, घड़ी व मोमबत्तियों को देख रहे हैं। दोनों सुराहिया व दोनों मोमबत्तिया समान आकारों की दिखती हैं, पर उनके वास्तविक आकार काफी भिन्न हैं, बायीं सुराही दायी से दुगुनी ऊँची है और बायीं मोमबत्ती दायी की अपेक्षा काफी नीची है। व्योमदर्शीय अवलोकन से इस भ्रम का कारण फौरन पता चल जाता है वस्तुएँ एक पक्ष में नहीं हैं, बड़ी वस्तुएँ कुछ दूर रखी हैं और छोटी—कुछ निकट।

‘दो आँखों की दृष्टि’ व्योम का बोध कराती है और इसीलिये एक आँख की दृष्टि’ से अधिक लाभप्रद है।

जालसाजी पकड़ने का आसान तरीका

मान ले कि दो विलुप्त समान चित्र हैं, जैसे तुल्य आकार के दो काने वगैरे। व्योमदर्शी में देखने पर दोनों में कोई अंतर नहीं दिखेगा। यदि दोनों वर्गों के केंद्रों में एक एक श्वेत बिंदु हों, तो व्योमदर्शी में देखने पर वे वर्गों के भीतर ही दृष्टिगोचर होंगे। पर यदि बिंदु केंद्र से थोड़ा भी इधर-उधर होगा, तो व्योमदर्शी में वह वर्ग स थोड़ा आगे या पीछे नजर आयेगा।

व्योमदर्शी की सहायता से चित्रों में व्योम गुण देखने के लिये उनमें थोड़ा भरत होना आवश्यक है, यह भरत क्षुद्र से क्षुद्र भी हो, तो काफी रहगा।

यह दस्तावेजों व कागजी मुद्रा इवाइयो की जालसाजी पकड़ने का सरलतम तरीका है। सदेहाधीन नोट और भ्रमली नोट को साथ रख कर व्योमदर्शी में देखने पर हल्का से हल्का भरत भी घासानी से दिखने लगेगा। यह भरत किसी भ्रमर के लिखने के तरीके में हा सरता है, या किसी छोटी सी लकीर के खींचने में। पर इसी के कारण यह भ्रमर या रेखा बाकी चीजा की पृष्ठभूमि से कुछ धागे या पीछे नजर आने लगेगी।¹

वस्तु की दृष्टि में

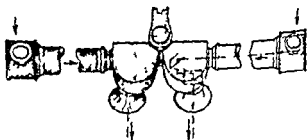
यदि वस्तु हमस 450 मीटर से अधिक की दूरी पर है, तो हमारी दोनो आँखों के बीच की दूरी उनसे प्राप्त सवेदनाओं में भरत उत्पन्न कर सक्ने में असमर्थ हो जाती है। इसीलिये दूरस्थ वस्तु या दृश्य सपाट दिखते हैं। इसी कारण से आकाश के सभी नक्षत्र एक समतल पर नजर आते हैं, यद्यपि ध्रुवा अन्य ग्रहों से नजदीक है और ग्रहों की तुलना में तारों की दूरियाँ कल्पनातीत हैं।

450 मीटर से अधिक दूरी पर स्थित वस्तु का व्योम गुण देख सक्ने में हम असमर्थ होते हैं। इतनी दूरी से वस्तु दायी व बायी आँखों को एक जसी दिखती है, क्योंकि आँखों के बीच की दूरी 450 mm की तुलना में नगण्य है। यदि इतनी दूर स्थित वस्तु की व्योमदर्शीय फोटोग्राफी भी की जाये, तो वह व्योम धर्मी नहीं लगेगी।

लेकिन एक काम किया जा सकता है। वस्तु के फोटो चित्र दो ऐसे बिंदुओं से लिये जा सकते हैं, जिनके बीच की दूरी हमारी आँखों के बीच

¹ यह विचार XIX-वीं शती में डोव ने प्रस्तुत किया था, पर आज की कागजी मुद्रा इवाइयो के लिये यह विधि सफलतापूर्वक प्रयुक्त नहीं हो सकती। इन्हें कुछ इस तरह से छापा जाता है कि दो भ्रमली नोट भी व्योमदर्शी से देखने पर व्योम चित्र दे सकते हैं। पर डोव की विधि से वा जितानों का मुद्रण तीसरे से अलग किया जा सकता है, यदि तीसरे को छापत वक्त उसके भ्रमर बदले गये थे।

की दूरी में काफी अधिक हो। ऐसे चित्रों को व्योमगर्भी में देखने पर ऐसा लगेगा, जैसे छापकी छाया के बीच की दूरी काफी बड़ गयी हो। वृत्त भूभाग का व्योमगर्भीय चित्र इसी विधि में लिया जाता है। अक्सर इसे उदात्त पाषाणों याने विशालका प्रिज्मा की सहायता से देखा जाता है, इनोन्निरे ऐसा चित्र हम दुग्मा को सगभग वास्तविक धारार में निघार है। प्रभाष भनूठा होगा है।



चित्र 131 व्योम दूरदर्शी

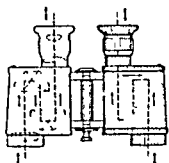
पाठक शायद समझ गये हाने कि दो दूरबीनों का इस प्रकार जोडा जा सकता है कि उससे किसी भूभाग के व्योम गुणो का बिना फोटोचित्रो के ही सीधा भवलोचन किया जा सके। ऐसे उपकरण को व्योमदूरबीन कहते हैं। इसमें दोनो नलिया की दूरी छाँखो के बीच की दूरी से अधिक हाती है और दोनो बिब परावतक प्रिज्मो की सहायता से छाँखो तक पहुँचाये जाते हैं (चित्र 131)। ये उपकरण इतने अजीब हैं कि उनमें देखने से प्राप्त भनुभव का वणन करना मुश्किल हो जाता है। इसमें प्रकृति का एक दूसरा ही रूप देखने को मिसता है। सुदूर स्थित पकत, चट्टानें घर भाँति-सभी कुछ व्योम व उत्तल लगता है कुछ भी सपाट समतल पदों सा नहीं दिखता। अक्सर दूरस्थ जहान भचल लगता है पर इस उपकरण में भार उसकी गति का निरीक्षण कर सकते हैं। यदि पृथ्वी पर सचमुच में दैल होवे, तो उन्हें ऐसा ही कुछ दिखता।

यदि दुनाली दूरबीन दस गुना बडे बिब दे सकता है और उसमें नलियों के बीच की दूरी छाँखा क बीच की दूरी से छे गुनी अधिक है (अर्थात् $65 \times 6 = 39$ cm है), तो उसमें भनुभूत दृश्य की व्योम धमितर $6 \times 10 = 60$ गुनी अधिक प्रतीत होगी, बनिस्वत कि नयी छाँखो से प्राप्त

दृश्य से। इसका मतलब है कि 25 km की दूरी पर स्थित वस्तु भी व्योम धर्मी प्रतीत होगी।

भू-सर्वेदाको, नाविको, तोपचियो, यात्रियो आदि के लिये ऐसे दूरबीन काफी महत्व रखते हैं, विशेषकर यदि उनमें दूरियां नापने के लिये विशेष प्रयुक्ति लगी हो।

जाइस की प्रिज्मयुक्त दुनाली दूरबीन से भी यही प्रभाव प्राप्त होता है, क्योंकि इसमें नलिया के बीच की दूरी आँधो के बीच की दूरी से कुछ अधिक है (चित्र 132)। नाटक बगैरह देखने के लिये प्रयुक्त दूरबीनो में नलियों के बीच की दूरी कम होती है (ताकि पर्दे दूर-दूर छोटी दीवारो की तरह न दिखने लें)।



चित्र 132 प्रिज्मयुक्त दूरबीन

व्योमदर्शी में ग्रहाण्ड

यदि व्योमदूरबीन से चांद या कोई अन्य आकाशीय पिंड देखेंगे, तो उसका व्योम गुण नजर नहीं आयेगा। इसमें आश्चर्य की कोई बात नहीं है, क्योंकि अंतरिक्षी दूरियां इन दूरबीनो के लिये विराट हैं। पृथ्वी से किसी ग्रह की दूरी के सामने नलियो के बीच की 30-50 cm की दूरी का क्या महत्व हो सकता है! यदि ऐसा उपकरण बनाया जा सकता, जिसमें नलियो के बीच की दूरी दसियों या सैकड़ो किलोमीटर लंबी होती, तब भी ग्रहो के भ्रवलोचन से कोई फायदा नहीं होता। वे हमसे करोड़ो किलोमीटर की दूरी पर हैं।

यहां पुन व्योमदर्शीय फोटोचित्रो का सहारा लिया जा सकता है। माना कि हम पिछली शाम को किसी ग्रह का फोटो खींच चुके हैं और आज शाम को उसी ग्रह का एक और चित्र लेते हैं। चित्र पृथ्वी के एक ही स्थल से लिये गये हैं। पर पृथ्वी एक रात दिन की भ्रवधि में लाखो किलोमीटर तय कर चुकती है, अत दोनो चित्र सौर-मंडल के भिन्न बिंदुओ से लिये गये

हैं। स्पष्ट है कि दोनों चित्र समान नहीं होंगे और यदि उन्हें पास रखकर व्योमदर्शी से देखेंगे, तो चित्र सपाट नहीं ध्यौम-गुणी नजर अयेगा।

इस प्रकार, पृथ्वी की वक्षीय गति का उपयोग करते हुए दो बहुत बड़ी दूरियों पर स्थित बिंदुओं से आकाश का चित्र लिया जा सकता है। आप किसी ऐसे दैत्य की कल्पना करें, जिसकी आँखों के बीच की दूरी कई करोड़ किलोमीटर है। आधुनिक खगोलशास्त्री ऐसा ही दृश्य देखते हैं, जो इस दृश्य को दिखेगा।

व्योमदर्शी का आजकल नये ग्रहों (अधिक सही होगा कहना ग्रह-खंडों या आस्टेरायड) की खोज में उपयोग होता है। मंगल और बृहस्पति के वक्षों के बीच ये बहुत बड़ी सख्या में विद्यमान हैं। अबतक इनकी खोज सिर्फ सभ्यो की बात मानी जाती थी। अब सिर्फ आकाश के इस क्षेत्र के दो फोटो चित्रों की व्योमदर्शीय तुलना करना पर्याप्त है। चित्र सिर्फ अलग अलग समय में लिये जाने चाहिये। इन चित्रों में यदि कोई ग्रह-खंड होगा, तो वह बिल्कुल अलग दिखेगा। चित्र की पृष्ठभूमि से वह आगे या पीछे प्रतीत होगा।

व्योमदर्शी से भिन्न बिंदुओं की स्थितियों में अंतर का ही पता नहीं चलता, बल्कि उनकी चमक में जो अंतर है, वह भी दिख जाता है। खगोलशास्त्री इस विधि का सफलतापूर्वक उपयोग तथाकथित प्रत्यावर्ती तारों को ढूँढने में भी करते हैं, जिनकी चमक एक नियत अवधि में बदल जाता रहती है। यदि आकाश के दो चित्रों में किसी तारे की चमक भिन्न है, तो व्योमदर्शी से फौरन इसकी सूचना मिल जायेगी कि इस तारे ने अपनी चमक बदली है।

त्रिनेत्र की दृष्टि में

यह मत सोचिये कि त्रिनेत्र शब्द यहाँ गलती से आ गया है। हम सचमुच में तीन आँखों से देखने की बात करने जा रहे हैं।

तीन आँखों से देखना? क्या हमें तीन आँखें प्राप्त हो सकती हैं?

विश्वास करें, हम ऐसी ही दृष्टि के बारे में बात करने जा रहे हैं। विज्ञान आदमी को तीसरी आँख नहीं दे सकता, पर यह दिखा सकता है कि तीन आँखों वाले जीव को दुनिया वैसे दिखती।

लेकिन पहले एक चीज पर ध्यान दें। व्योमदर्शीय चित्र एक आँख वाले व्यक्ति को भी दिखाया जा सकता है और इससे उसे व्योम गुणा की दृश्यानुभूति करायी जा सकती है। साधारण स्थितियाँ में बेशक उसे ऐसी अनुभूति नहीं हो सकती। विधि यह है बायीं व दायीं आँखों के लिये अलग अलग तस्वीरें एक ही पर्दे पर बारी-बारी से पर जल्दी-जल्दी बदलते हुए दिखाते हैं। दो आँखा वाला व्यक्ति जिन दो तस्वीरों को एक साथ देखता है, एक आँख वाला व्यक्ति उन्हें बारी-बारी से भ्रम म देखेगा। यदि चित्रों के बदलने की आवृत्ति बहुत तेज होगी, तो उसे वैसा ही दिखेगा, जैसा दो आँखा वाले व्यक्ति देखते हैं। कारण स्पष्ट है अलग अलग चित्रों की दृश्यानुभूतियाँ घुल मिल कर सिनेमा की तरह एक सतत चित्र बना देती हैं और भ्रम होता है कि चित्र बारी-बारी से नहीं एक साथ देखे जा रहे हैं।¹

पर यदि यह सम्भव है, तो दो आँखों वाले व्यक्ति की एक आँख को तेजी से बदलते दो चित्र दिखाये जा सकते हैं और दूसरी आँख को तीसरा चित्र दिखाया जा सकता है। तीनों चित्र यदि एक ही वस्तु के हैं, पर तीन भिन्न बिंदुओं से छींचे गये हैं, तो वे मिल-जुल कर चेतना को एक नये प्रकार के दृश्य की अनुभूति करायेंगे।

अब शब्दों में, एक वस्तु के तीन सम्भव आँखों के अनुकूल तीन बिंदुओं से तीन चित्र लिये जाते हैं। इनमें से दो तेजी के साथ बदल-बदल कर एक आँख को दिखाये जाते हैं। उन्हें तेजी से बदलने के कारण वे घुल-मिल कर एक जटिल व्योम चित्र बनाने लगते हैं। इसी बीच दूसरी आँख को तीसरे चित्र की अनुभूति होती रहती है।

इन परिस्थितियों में यद्यपि हम दो आँखों से ही देखते हैं, पर अनुभूति ठीक वैसी ही प्राप्त होती है, जैसी तीन आँखों से देखने पर होती। इससे चित्र में अंकित दृश्या की व्योम धर्मिता काफी बढ़ जाती है।

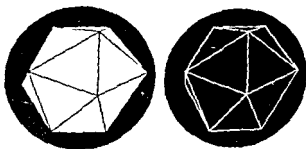
¹ सिनेमा के चित्र कभी-कभी अनूठे तौर पर व्योम धर्मों नजर आते हैं। इसका कारण शायद अशत यह भी हो सकता है कि चित्र लेते वक्त कैमरा तेजी से दायें-बायें कपन कर रहा था। यह ऐसे कैमरे में फिल्म को आगे बढ़ाने वाली प्रयुक्ति के कारण होता है। इस कपन के कारण चित्र असमान हो जाते हैं और पर्दे पर तेजी से एक-दूसरे का स्थान लेते हुए आपस में घुल-मिल कर व्योम धर्मों दृश्यों की अनुभूति कराते हैं।

चमक क्या है ?

चित्र 133 में एक बहुफलक की व्योम फोटोग्राफी है एक काले पृष्ठ पर सफेद रेखाओं से बनाया गया है और दूसरा सफेद पृष्ठ पर काली रेखाओं से। व्योमदर्शी में यह चित्र क्या दिखेगा? बहना मुश्किल है। देखिये कि हेल्महोल्ट्स क्या कहते हैं

“जब किसी व्योमदर्शीय चित्र-गुग्म में से एक श्वेत रंग का है और दूसरा काले रंग का, तो दोनों मिल कर चमकदार फलक का चित्र देते हैं। यहाँ यागज के चित्रों के मलिन होने से भी यही परिणाम मिलेगा। मणिमो (क्रिस्टलों) के इस विधि में बनाये गये व्योमदर्शीय आरेख चमकदार प्रफाइल से बने मणिमा की अनुभूति देते हैं। इस विधि से पानी, पत्तियो आदि कि चमक का और भी बढ़िया व्योम चित्र लिया जा सकता है।”

हमारे महान शरीरक्रिया वैज्ञानिक सिबेनक की पुरानी, पर अनचाहीत पुस्तक 'शान्तिदियो का शरीरक्रिया विज्ञान दृष्टि" (1867 ई) में इस सक्ति की अनूठी व्याख्या दी गयी है



चित्र 133 व्योम चमक। व्योमदर्शी में देखने पर ये आकृतिया एक में मिलकर काले परिप्रेक्ष्य में चमकदार क्रिस्टल का चित्र देते हैं।

“विभिन्न प्रकार से प्रकाशित या बहुरंगी तला के कृत्रिम व्योमदर्शीय समन्वय के प्रयोगों में चमकदार पिंडों की वास्तविक परिस्थितिया उत्पन्न की जाती हैं। मलिन सतह और चमकदार (पौलिश की हुई) सतह में क्या फरक है? मलिन सतह प्रकाश को सभी दिशाओं में छीटती हुई परा

वर्तित करती है, इसीलिये उसे किसी भी तरफ से बमो न देया जाये, वह समान रूप से प्रकाशित लगती है। पोलिश की हुई सतह प्रकाश को सिर्फ एक दिशा में परावर्तित करती है। इसीलिये ऐसी स्थिति भी संभव है, जब एक भ्रांख पर उससे परावर्तित होन वाली बहुत सी विरणें पडने लगती हैं और दूसरी भ्रांख पर लगभग बिल्कुल नहीं (यह स्थिति हम वाली व श्वेत मतहो के व्योमदर्शीय समन्वय मे देखते हैं)। स्पष्ट है पालिश की हुई सतह को देखने पर दोना भ्रांखो के बीच परावर्तित प्रकाश का असमान वितरण (अर्थात् एक भ्रांख मे कम व दूसरी मे अधिक प्रकाश पडने की स्थिति) अवश्यभावी है।

इस प्रकार पाठक देख सकते हैं कि व्योमदर्शीय चमक इस विचार की सत्यता सिद्ध करता है कि बिंबों के व्योम समन्वय की क्रिया मे प्राथमिक भूमिका अनुभव की होती है। दृष्टि-भेदो के बीच की खींचा-तानी उसी क्षण दृढ़ धारणा मे परिणत हो जाती है, जब अनुभव की गोद में पले दृष्टि-उपकरणों को किसी वास्तविक दृश्य के साथ उनके अंतर की तुलना करने का अवसर दिया जाता है।”

अतः चमक दिखने का कारण (कम से कम एक कारण) यह है कि बायीं व दायीं भ्रांखो के सामने अलग अलग तरह से चित्र प्रस्तुत किये जाते हैं। बिना व्योमदर्शी के इस कारण का हमें कभी पता न चलता।

क्षिप्र गति का स्थिति मे दृष्टि

इसके पहले हम बता चुके हैं कि एक ही वस्तु के भिन्न चित्र यदि तेजी के साथ बदलते हुए बारी-बारी से लिखाये जायें तो व्योम धमिता की अनुभूति होती है।

प्रश्न उठता है क्या यही प्रभाव उस स्थिति में नहीं उत्पन्न हो सकता, जब अचल चित्र गतिमान भ्रांखो से देखे जा रहे हों? दूसरे शब्दों में, क्या वस्तुओं की वसी ही व्योम धमिता तब नहीं लिखेगी जब वस्तु अचल रहे और भ्रांख तेजी के साथ गतिमान हों?

जसी आशा की गयी थी इस स्थिति में भी व्योमदर्शीय प्रभाव पाया जाता है। कई पाठकों ने ध्यान दिया होगा कि तेज चलती गाड़ी से खींचे गये सिनमा चित्र में भी व्योमदर्शीय चित्रों से कुछ कम व्योम धमिता नहीं

होती। यह हम खुद भी देख सकते हैं, यदि रेलगाड़ी या मोटरगाड़ी में स्थिर यात्रा शुरू करते हैं ध्यान दें भूमिका में घाने व पाठों की वस्तुएँ स्पष्ट धमक धमक सिंघोरी, त्रिगुणे ध्याम धमिता का भान होता है। पहलाई की धनुभूति तीव्र हो जाती है और 450 m के अधिक दूरी पर भी घाने व पीठों की वस्तुधा में धार स्थिर लगता है। स्मरण सिद्धांत 450 m स्थिर धाँया की ध्यामधमिता की सीमा है।

लेकिन गाड़ी में स्थिर घाने भू-दृश्या की मात्प्रता का कारण वही इला में ता नहीं सिद्धा है? दूरस्थ वस्तुएँ पीठें छूती जाती हैं और हम परिवर्तन प्रवृत्ति की विरामता का दान करके लगता है। जब हम मोटरगाड़ी में बैठे जगत व धींच से निकलते हैं, वेद स्पष्ट एव दूररे से दूर स्थित हैं। धनतावस्था में हमारी धाँया उच्च धमक नहीं कर पाती।

पहाड़ी स्थलों पर गल्पट दौटा घुड़सवार के लिये जमीन की उभार स्पष्ट हो जाती है, पहाड़ियाँ घाटियाँ की व्योम धमिता मूर्त हा उठती है।

यह सब एक धाँय यात्रा व्यक्ति भी देख सकता है, जिसके लिये उपरोक्त धनुभूतियाँ बिल्कुल नयी हानी हैं। हम बता चुके हैं कि व्योमदृष्टि के लिये भिन्न सिद्धांतों को एक साथ दोना धाँया से देखने की आवश्यकता नहीं है। एक धाँय से भी वस्तुधा की व्योम धमिता देयी जा सकती है, यदि तीव्र गति से एक-दूसरे का स्थान लेते हुए भिन्न चित्र एकांतर हो जायें।¹

उपरोक्त बातों की जाँच करना बहुत सरल है। इससे लिया थोड़ा सा इस बात पर ध्यान देना होगा कि रेलगाड़ी या बस में चलते वक्त हमारी धाँया को क्या दृष्टिगोचर होता है। आपको एक दूसरी ही बात नजर आयेगी, जिसके बारे में डोब ने सौ साल पहले ही लिखा था (सबसे मुश्किल में भूली बिसरी बातें भी नयी होती हैं!) छिड़की से दृष्टिगोचर पीछे भागती हुई वस्तुएँ छोटी प्रतीत होती हैं। इस तथ्य का व्योमदर्शात्मक दृष्टि के साथ कोई संबंध नहीं है। इसका कारण यह है कि इतनी तेजी से

¹ ट्रेनों से पीछे गये चल चित्रों की सर्वविधित व्योम धमिता का कारण यही है, जो और भी स्पष्ट हो जाती है यदि ट्रेन वक्र पथ पर चल रही हो और वस्तुएँ वक्रता त्रिज्या की दिशा में हों। इसे "रेलगाड़ी का प्रभाव" कहते हैं और यह फिल्म आपरेटर अच्छी तरह से जानते हैं।

गतिमान वस्तु को देख कर हम उसके छोटे होने का गलत निष्कर्ष निकालते हैं यदि वस्तु हमसे निकट है, -जाने घनजाने हम सोचना शुरू करते हैं, - तो वास्तविकता में साधारणतया उसे निकट होना चाहिये, क्योंकि सिर्फ इसी स्थिति में वह हमेशा की तरह इस भाँवर का प्रतीत होगा। यह ध्याख्या हेल्महोल्त्स की है।

रगीन चामो से

यदि आप सफेद तश्ते पर लाल रंग से लिये भक्षरो को लाल ऐनक से देखेंगे, तो आपको सिर्फ लाल पृष्ठभूमि दिखेगी। लियेवाट का नामो निशान नही रह जायेगा, क्योंकि लाल भक्षर लाल पृष्ठभूमि में विलीन हो जाते हैं। इसी चरमे से यदि सफेद पर नीले भक्षरो को पढने की कोशिश करेगे, तो आपको लाल पृष्ठ पर स्पष्ट काले भक्षर दिखेंगे। समझा जा सकता है लाल शीशे को नीली किरणें नही पार कर सकती (शीशा इसीलिये लो लाल है कि वह सिर्फ लाल किरणों को पार करता है)। फलस्वरूप नीले भक्षरो के स्थान पर आप रंग की अनुपस्थिति, अर्थात् काली रेखायें देखेंगे।

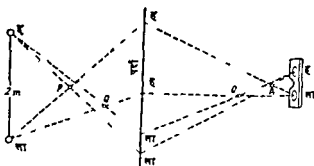
तथाकथित 'उभरे प्रिंटो" (ऐनाग्लीफ) का प्रभाव रगीन शीशे के इसी गुण पर आधारित है। ऐनाग्लीफ में भक्षर इस प्रकार से छापे जाते हैं कि वे व्योम-गुणी प्रतीत होने लगते हैं, जैसे आप व्योमदर्शी में देख रहे हो। इसके लिये भक्षरो के बायी व दायी भाँधा से दिखने वाले चित्रों को एक पर एक छपा जाता है, सिर्फ उनके रंग भलग भलग होते हैं - एक का नीला और दूसरे का काला।

दो रगीन साधारण चित्रों की जगह एक व्योम धर्मी चित्र देखने के लिये रगीन शीशे से देखना काफी रहेगा। दायी भाँध को लाल शीशे से सिर्फ नीली छाप दिखेगी, जो इस भाँध के अनुकूल है (और भक्षर काला दिखेगा)। बायी भाँध को नीले शीशे से उसके अनुकूल सिर्फ लाल छाप दिखेगी। हर भाँध सिर्फ उसी चित्र को देखती है, जो उसके लिये है। यहाँ वे ही स्थितियाँ हैं, जो व्योमदर्शी में होती हैं अतः परिणाम भी वही होता है व्योम धर्मिता का भ्रम।

“जादुई परछाइयाँ”

उपरोक्त नियम पर ही जादुई परछाइयाँ घाघारिल हैं, जो कभी-कभी गिरोमा में लिखायी जाती हैं।

“जादुई परछाइयाँ” तब बानी हैं, जब पर्दे पर लिखायी जान वाली घाघृतियाँ ध्यौम धर्मी सगरी सगरी हैं, धर्मान् जब पर्दे पर वे उभरी हुई व उसास लिखने सगरी हैं। ऐसी परछाइयाँ देखो के निचे दशकों को दुरगा चरमा पहना पड़ता है, क्योकि इग ध्रम का कारण दुरगा ध्योमर्मी है। जिस धरतु की परछाईं लिखायी हो, उसे पर्दे धौर साय रये सास व हरे प्रकाश-शोनों के बीच भं रखते हैं। पर्दे पर दो (सास व हरी) परछाइयाँ मिलेगी। दोनों ही एक्-दूसरे को घसा डक सेती हैं। दशक उन्हें नगी धर्षों से नहीं देखते हैं। उनकी धर्षों पर सास व हरे रग के चौरस शीनों का चरमा होता है।



चित्र 134 छाया चमत्कार” का रहस्य

कभी-कभी समझाया गया था कि इन परिस्थितियों में ध्यौम घाघृतियों का ध्रम पैदा होता है, जिसके कारण वे पर्दे के तल से धागे की धौर उभरी हुई सगरी हैं। “जादुई परछाइयो” का ध्रम काफी रोचक होता है कभी सगता है कि फेंकी गयी वस्तु ठीक दशकों के सिर पर गिरने वाली है, कभी कोई विशाल मकडा हवा में दशकों के सिर पर रेगना शुरू कर देता है, जिससे बचने के लिये वे बरबस अपना सिर इधर-उधर घुमाने सगते सगते हैं या डर के मारे चीख पडते हैं। इसका उपकरण काफी सरल

है, उसे चित्र 134 की सहायता से समझा जा सकता है। ह य सा का अर्थ है हरा य सात बल्ब (बायें), P और Q पर्दे व बल्ब के बीच रंगी वस्तुएँ हैं, ह व सा धारा के साथ p व q पर्दे पर इन वस्तुओं की सात व हरी परछाईया प्रोक्षित करते हैं, P₁ व Q₁ उन स्थानों को दर्शाते हैं, जहाँ हरे (ह) व सात (सा) रंग के शीशे से देखने पर दशका को वस्तुएँ P तथा Q नजर आयेंगी। जब विशाल मण्डल Q से P की ओर भागता है तो दर्शकों को लगता है कि यह Q₁ से P₁ की ओर भागता है।

वैश, पर्दे व धार जब कोई वस्तु प्रकाश-स्रावता के निकट आती है जिसके कारण उसकी छाया वा आकार बढ़ने लगता है, तो ध्रम होता है कि वस्तु पर्दे से दशका की ओर आ रही है। हर उठती चीज, जो दशकों को पर्दे से अपनी ओर आती दिखती है, दरमाल उल्टी दिशा में-पर्दे से प्रकाशस्रोत की ओर-गतिमान होती है।

रंगों का रूपांतरण

यहाँ एक प्रयोग के बारे में कुछ बताना चाहिये, जो लेनिनग्राद की "मनोरजक विज्ञान प्रदर्शनी" के दर्शकों को बहुत पसंद आया था। एक कोना प्रतिधि-वक्ष की भाँति सजा हुआ है। इसमें गद्दों के छोल गाढ़े नारंगी रंग के हैं, टेबुल हरे रंग का है और उस पर शीशे की गुलाही व नेनवेरी का रस और भिन्न रंगों के फूल रखे हैं। आलमारिया के खानों पर बित्तार्वे हैं, जिनकी जिल्दा पर रंग विरंगी प्रसार दिख रहे हैं। शुरू-शुरू यह सब साधारण श्वेत प्रकाश में दिखाया जा रहा है। अब स्विच थोड़ा घुमाया जाता है और श्वेत प्रकाश सात प्रकाश में परिवर्तित हो जाता है। इसके कमरे का पूरा रूप रंग बदल जाता है गद्दों के खोल गुलाबी हो जाते हैं, हरा टेबुल-बलौय गाढ़ा नीला-रुण हा जाता है, रस पानी की तरह धणहीन हा जाता है, फूल अपनी रंग बदल कर बिल्कुल दूसरी तरह के दिखने लगते हैं, जिल्दा पर की रंगविरंगी लिखावट में से कुछ का नामो निशान नहीं रह जाता।

स्विच थोड़ा और घुमाने पर कमरा हरे रंग से प्रकाशित हो जाता है और प्रतिधि-वक्ष का रंग रूप पुन बदल जाता है।

ये रोचक रूपांतरण पिंडो के रंग सबधी यूनानी सिद्धांत के दृष्टि से वह सिद्धांत कहता है कि पिंड की सतह उस रंग की नहीं दिखती, जिसे वह प्रकीर्णित करती है, लाल रंग की घ्रांखो में फैलती है। इंग्लैंड के ही एक अग्र भौतिकविद् टिड वात को निम्न शब्दों में व्यक्त करते हैं

“जब हम वस्तुओं को श्वेत वण के प्रकाश से प्रकाशित करते हैं, तो लाल रंग हरी किरणों के अवशोषण से बनता है और हरा रंग—लाल किरणों के अवशोषण से। बाकी रंग दोनों ही स्थितियों में प्रकट होते हैं। मतलब है कि पिंड नकारात्मक रूप से रंग ग्रहण करते हैं रंगीन दिखना। किरणों के आत्मसातन का परिणाम नहीं, बहिष्करण का परिणाम है।”

हरा टेबुल-ब्लूय श्वेत प्रकाश में इसलिये हरा दिखता है, क्योंकि वह अधिकांशतः हरे रंग और उसके निकटवर्ती स्पेक्ट्रमी रंगों को प्रकीर्णित करता है, अथवा किरणों को वह कम प्रकीर्णित करता है या उनके अधिकांश भाग को अवशोषित कर लेता है। यदि ऐसे टेबुल-ब्लूय पर लाल-बैंगनी रंग का प्रकाश डाला जाये, तो वह अधिकांशतः बैंगनी रंग को प्रकीर्णित करेगा और लाल रंग का अधिकांश भाग अवशोषित कर लेगा। इसके कारण घ्रांखो को गाढ़े भ्रूणाभ की संवेदना मिलेगी।

अतिथि-रक्त में होने वाले सारे वण रूपांतरणों का कारण लाल रक्त यही है। रहस्यमय लगती है सिर्फ क्रैनबेरी रस के रंगहीन होने की बात लाल वण का द्रव लाल प्रकाश में पानी की तरह रंगहीन क्यों हो जाता है? इसका राज यही है कि सुराही सफेद कागज पर रखी है और कागज हरे टेबुल-ब्लूय पर बिछा है। यदि कागज हटा लिया जाये, तो आप देखेंगे कि रस लाल रंग का ही है। रंगहीन वह सिर्फ सफेद कागज के साथ सफेद है, जो लाल प्रकाश में स्वयं लाल हो जाता है। पर टेबुल-ब्लूय के रंग के विरुद्ध हम कागज को आदतवश सफेद ही मानते हैं। और द्रव का रंग कागज के मिथ्या श्वेत रंग से मिलता-जुलता है, इसलिये हमें भी को भी हम सफेद मानने लगते हैं, हमारी घ्रांखो के लिये वह क्रैनबेरी रस स वणहीन जल में परिणत हो जाता है।

ऐसा प्रयोग सरजीवित रूप में आप भी कर सकते हैं। इसके लिए भिन्न रंगों के कांच जमा कीजिये और परिवेशी वस्तुओं को देखिये, परिणत यही होगा। (ऐसे प्रभावों का वर्णन मेरी पुस्तक 'क्या आप भौतिकी जानते हैं?' में किया गया है।)

किताब की ऊँचाई

अपने मेहमान या मित्र के हाथ में कोई पुस्तक दे कर उससे पूछें कि पुस्तक को दीवार के सहारे खड़ी कर देने पर वह किस ऊँचाई तक पहुँचेगी। जब वह बता दे (दूर से ही अंदाज से, बिना खुद झुक कर किताब को खड़ा किये), तो आप किताब उससे ले कर फर्श पर दीवार के सहारे खड़ी कर दें पता चलेगा कि बतायी गयी ऊँचाई से आधी दूरी तक ही वह पहुँचती है।

प्रयोग अधिक सफल होगा, यदि वह खुद झुक कर अपनी उंगलियों से ऊँचाई नहीं बताये, बल्कि शब्दों के सहारे आपको समझा दे। जाहिर है कि प्रयोग सिर्फ किताब के साथ ही नहीं, लैप, टोपी आदि किसी भी चीज के साथ किया जा सकता है। वस्तु सिर्फ ऐसी होनी चाहिये, जिसे हम आँखों के निकट से देखने के आदी हों।

इस गलत अंदाजे का कारण यह है कि जब किसी वस्तु को उसके अनुवीर (सबाई की दिशा में) देखते हैं, तो उसकी सबाई कुछ छोटी लगने लगती है।

घटाघर की घड़ी का आकार

आपके मेहमान ने जो गलती की है, वह हमलोग हर बार डुहराते हैं, जब हम ऊँचाई पर रखी किसी वस्तु को देखते हैं। यह गलती विशेषकर उस समय होती है, जब हम घटाघर की घड़ी का आकार अंदाज से निर्धारित करने की कोशिश करते हैं। हम सभी जानते हैं कि वह काफी बड़ी होती है। पर इसके बावजूद भी उसका वास्तविक आकार हमारी धारणा से काफी बड़ा होता है। चित्र 135 में वेस्टमिस्टर घन्नाट (लंडन) के घटाघर की प्रसिद्ध घड़ी का आकार दिखाया गया है, जब वह नीचे सड़क पर उतारा गया था।



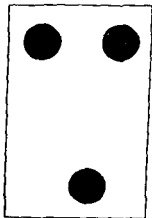
चित्र 135 वेस्टमिस्टर घन्नाट के घटाघर की घड़ी के आकार

उसकी तुलना में लोग-बाग कीड़ों की तरह लगते हैं। घटापर के छ को नीचे से देख कर विश्वास नहीं होना कि उसमें इतना बड़ा डायल प्र सकता है, पर डायल और छे बराबर हैं।

सफेद और काला

चित्र 136 को दूर से देख कर बतायें निचले बिंदे और ऊपर के किसी एक बिंदे के बीच की खाली जगह में ऐसे ही कितने बिंदे प्र सक्त हैं—चार या पाँच? उम्मीद यही है कि आप कहेंगे चार आराम से प्र जायेंगे, पाचवे के लिये जगह थोड़ी कम पड़ेगी।

जब आप से कहा जायेगा कि इस स्थान में ठीक तीन बिंदे प्रेंगे, इससे एक भी ज्यादा नहीं,—तो आपको विश्वास नहीं होगा। बागज और परकाल का प्रयाग कर के खुद देख सकते हैं कि आप गलत हैं।



चित्र 136 नीचे वाले गोले और ऊपर वाले में प्रत्येक गोले के बीच की दूरी ऊपरी गोलों के बाह्य कोण की दूरी से अधिक लगती है, पर दरहकीकत सारी दूरिया बराबर हैं।

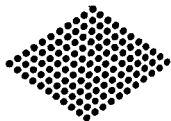
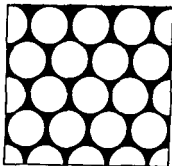
इस विचित्र भ्रम को—कि समान आकार के काले व सफेद स्थल में से काला स्थल छोटा लगता है—'काति' (इरेंडियेशन) कहते हैं। यह भ्रम हमारी आँखों की बनावट के अपूर्ण होने के कारण उत्पन्न होता है। हमारी आँखें भी प्रकाशिकीय उपकरण हैं, पर वे प्रकाशिकी का पूणतया पालन नहीं करती। उसका अपवतक माध्यम दृष्टि-पटल पर इतना स्पष्ट भाकृति नहीं बनाता, जितनी स्पष्ट आवृति अच्छी तरह फोकस किये गये कमरे के दूधिये शीशे पर बनती है। तथाकथित गोलाकार विषयन के कारण हल्के रंगों की हर भाकृति एक कातिमान छान से घिरी होती है, जो उसका आकार बड़ा कर देती है। परिणामस्वरूप हल्के रंग के स्थल समान आकार वाले काले स्थलों की तुलना में बड़े लगते हैं।

महान कवि गेटे अपने "प्रकृति सिद्धांत" में (जिसमें वे प्रकृति के पट्ट प्रेरक के रूप में आते हैं, पर भौतिकी के सिद्धांतवेत्ता के रूप में नहीं) इस भ्रम के बारे में लिखते हैं

"वृष्णाभ वस्तु समान आकार वाली गौर (हल्के रंग की) वस्तुओं से छोटी लगती है। यदि काली पृष्ठभूमि पर श्वेत वृत्त और श्वेत पृष्ठभूमि पर उसी व्यास का काला वृत्त एक साथ देखा जाये, तो काला वृत्त सफेद से $\frac{1}{3}$ अंश छोटा लगेगा। यदि काला वृत्त इसी हिसाब से कुछ बड़ा कर दिया जाये, तो दानो बराबर लगेंगे। चंद्र-हसिया को देखने पर लगता है कि वह बड़े व्यास वाले वृत्त से काट कर बनाया गया है और चांद का अधकारमय भाग, जो थोड़ा-थोड़ा दिखता रहता है (चांद का "भभूती वण" - या पे), अपेक्षाकृत कम व्यास वाले वृत्त से काटा हुआ लगता है। किसी चीज की किनारी से प्रकाश स्रोत देखने पर लगता है कि किनारी कुछ कटी-छेंटी है। रेखनी के ऊपर से यदि मोमबत्ती की लौ झाँकती हो, तो रेखनी के उस स्थान पर कटाव सा दिखता है। उदय व अस्त होते वक्त सूर्य क्षितिज में माना गढ़वा सा कर देता है।'

इन भ्रमलोकनों में सब कुछ सही है। गलत सिर्फ एक बात है कि श्वेत वृत्त उसी व्यास वाले काले वृत्त से हमेशा एक निश्चित अंश द्वारा ही बड़ा दिखता है। वास्तविकता तो यह है कि श्वेत वृत्त काले से कितना अंश बड़ा दिखेगा, यह उस दूरी पर निर्भर करता है, जिससे वृत्त को देखा जा रहा है। ऐसा क्यों होता है, इसका कारण अभी समझ में आ जायेगा।

चित्र 136 को आँखों से कुछ दूर कर दीजिये - भ्रम और भी शक्तिशाली हो जायेगा। इसका कारण यह है कि गौर स्थल की घेरने वाली प्रकाश-छल्ले की चौड़ाई घटती बढ़ती नहीं है, हमेशा एक रहती है। इसीलिये यदि नजदीक से देखने पर वह किसी गौर स्थल की चौड़ाई 10% बड़ा देती है, तो दूर से देखने पर (जब स्थल की आकृति स्वयं छोटी हो जाती है) वही पट्टी उसकी चौड़ाई 30% से 50% तक बड़ा सकती है। आँखों की इसी विशेषता द्वारा अक्सर चित्र 137 के विचित्र गुण को समझाया जाता है। नजदीक से अवलोकन करने पर आप काली पृष्ठभूमि पर अनेक सारे श्वेत गोल बिंदे देखेंगे। पर चित्र को दो-तीन कदम दूर से देखें। यदि आपकी दृष्टि बहुत अच्छी है, तो पाँच छे कदम की दूरी से भी देख सकत हैं। आकृति बदल जायेगी, आपको श्वेत गोल बिंदो के स्थान पर श्वेत पटकोण दिखने लगेंगे, जैसे मधुमक्खी के छत्ते में घर होते हैं।



चित्र 137 कुछ दूरी से देखने पर वृत्त पटकोण से लगते हैं। चित्र 138 काले गोले दूर से पटकोण लगते हैं।

इस भ्रम का भी कारण काति ही बताते हैं, पर जबसे मैंने श्वेत पृष्ठ भूमि पर दूर से पटकोण प्रतीत होने वाले काले बिंदो को देखा (चित्र 138) तबसे मुझे इस काति वाली व्याख्या से सतोष नहीं होता, यद्यपि कातिमान पट्टी यहा बिंदा का आकार बढाती नहीं, घटाती है। बसे एक बात है कि दष्टि-भ्रमा की जात व्याख्याओ मे से किसी को भी सतोषप्रद नहीं कहा जा सकता। वे सभी अप्रूप हैं। अधिकाश भ्रमा की तो कोई व्याख्या ही नहीं है।¹

कौनसा अक्षर अधिक काला है ?

चित्र 139 की सहायता से हम अपनी आँखो के एक और दोष-निबिदुत्व (ऐस्टिग्मटिज्म) - से परिचित हो सकते हैं। यदि आप इसे सरसरी निगाह से देखेंगे तो शायद चारो अक्षर समान रूप से काले नहीं लगेंगे। आप यह याद कर ले कि कौन सा अक्षर सबसे अधिक काला लग रहा है। अब चित्र को घुमा कर पारव से देखें। आप को एक परिवर्तन नजर आयेगा जो अक्षर सबसे अधिक काला था, अब थोडा हल्का पड़ गया है और एक बिल्कुल दूसरा ही अक्षर सबसे अधिक काला है।

¹ इसके बारे में सविस्तार देखें मेरी पुस्तक 'दष्टि भ्रम' - प्रकाशिकीय भ्रमो का एक चित्र-संग्रह।



चित्र 139 एक आय बंद कर इस निखावट को देखे। इनमें से एक अक्षर प्रयो की अपेक्षा अधिक काला लगेगा।

यथायत सभी अक्षर समान रूप से काले हैं। सिफ उहे बनाने वाली रेखाओं की दिशाएँ भिन्न हैं। यदि हमारी आँखें शीशा के बने महंगे लेसा की तरह पूण होती, तो रेखाओं की दिशाएँ अक्षरो के कालेपन पर असर नहीं डालती। पर आय प्रकाश को हर दिशा में समान रूप से अपवर्तित नहीं करती और इसीलिए हम उदग्र, धैतिज व आड़ी रेखाओं को समान स्पष्टता से नहीं देख पाते।

शायद ही किसी की आँखें इस दोष से मुक्त हो। कुछ लोगों में निबिदुत्व इतना बढा हुआ होता है कि वह देखने में बिल्कुल बाधक बन जाता है, दृष्टि की तीक्ष्णता काफी कम हो जाती है। ऐसे लोगों को विशेष प्रकार का चश्मा लगाना पडता है।

आँखों में आय आंतरिक दोष भी हैं, जिनसे कृत्रिम प्रकाशकीय उपकरणों को मुक्त किया जा सकता है। हेल्महोल्टस ने आँख के इन दोषों को हाँ मढ़े-नजर रखते हुए कहा था "यदि कोई चश्माफरोश मुझे ऐसे दोषों से मुक्त कोई प्रकाशकीय उपकरण खेचने की कोशिश करता, तो मैं कहता कि उसे कुछ आता नहीं है और विरोध के साथ उपकरण उसे वापस कर देता।"

आँख की बनावट से उत्पन्न होने वाले इन दोषों के अतिरिक्त और भी कई दूसरे दोष हैं, जो बिल्कुल दूसरे कारणों पर आधारित होते हैं।

सजीव चित्र

शायद ऐसा चित्र देखने का अवसर सबों को मिला होगा जिसमें कोई व्यक्ति आपकी ओर देख रहा है और इतना ही नहीं, वह नजरों से आपका पीछा भी करता रहता है, जिधर आप जाते हैं, उसकी निगाह



चित्र 140 रहस्यमय चित्र

भी उधर ही घूम जानी है। ऐसी तस्वीरों की रोचक विशेषताओं को लोग काफी समय में जानते हैं, बहुतों को वे रहस्यमयी भी लगती हैं। गोगल की कहानी "तस्वीर" में इसी तरह की एक स्थिति का एक सुन्दर वर्णन मिलता है

"भाँखें उस पर टिक गयीं और लगता था कि हमने प्रतिरिक्त और कुछ भी देखा नहीं चाहती तस्वीर सब कुछ को छोड़ कर सिर्फ उसे देख रही थी, मानों तस्वीर की दृष्टि उसमें चुभ कर फम गयी थी

तस्वीरों में भाँखों की इस रहस्यमयी विशेषता के साथ भ्रमविश्वास की कई कथाएँ जुड़ी हैं ("तस्वीर" कहानी को ही लें), पर राज यही है कि यह मात्र दृष्टि भ्रम है।

कारण इतना सा है कि इन तस्वीरों में भाँखों की पुतली भाँखों के ठीक बीच में बनी होती है। जब कोई व्यक्ति सीधा हमारी ओर देखता है, तो पुतली की स्थिति यही होती है। जब वह इधर-उधर देखता है, तो पुतली भाँखों के किनारे हो जाती है। जब हम तस्वीर बगल से देखते हैं, पुतलिया जाहिर है कि अपना स्थान नहीं बदलती, वे तस्वीर वाले व्यक्ति की भाँखों के बीच ही में रहती हैं। इसके प्रतिरिक्त उस व्यक्ति की शकल भी हमारे सापेक्ष पहले की तरह ही रह जाती है। इसीलिये हमें लगता है कि चित्र वाला व्यक्ति हमें मुड़-मुड़ कर देख रहा है।

कुछ तस्वीरों की चक्कर देने वाली श्रम विशेषताओं का भी यही कारण होता है। जैसे, चित्र का घोड़ा ठीक आप पर छलाग लगाता सा दिखता है आदमी आप पर उगली उठाये होता है, आदि आदि। इस तरह की एक तस्वीर चित्र 140 में दिखायी गयी है। ऐसे चित्र विज्ञापन प्रचार आदि में अक्सर प्रयुक्त होते रहते हैं।

यदि ऐसे भ्रमों के कारणों पर मनन किया जाये, तो स्पष्ट हो जाता है कि इनमें कोई आश्चर्य या चमत्कार की बात नहीं है। उल्टा, आश्चर्य तब होता, जब ऐसी तस्वीरों में ये विशेषताएँ नहीं होती।

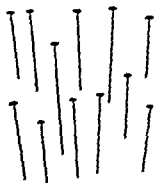
घड़ी रेखायें और अन्य दृष्टि भ्रम

चित्र 141 व पिना में काई विशेषता नजर नहीं आती। घम पिताय उठा कर आधा के सामन रखें, और एक आँख बंद कर के इन रेखाओं को इस प्रकार से देखें, जैसे दृष्टि उनकी दिशा में विगत रही हो। (दृष्टि का उम बिंदु पर टिकाना है जहाँ इन रेखाओं को बढाने पर उनका बढान बिंदु मिले।) इस विधि से देखने पर लगता है कि पिन कागज पर बने (या पत्र) हुए नहीं हैं, वे कागज में उदग्र गडे हुए प्रतीत हात हैं। यदि आप अपना सिर थोडा बगल ल जायेंगे, तो देखेंगे कि पिन भी उमी आर घाग युक्त गय हैं।

इस भ्रम का परिप्रेक्ष्य (व्योम घमिता) के नियम में मनषाय जा सक्ता है चित्र म रेखायें इस प्रकार से खींची गयी हैं, जैसे कागज पर उदग्र गडे पिन प्रमिप्त (चित्रित) किये जाते हैं।

भ्रम लिखना सिर्फ दृष्टि-भ्रम ही नहीं है। इसमें बंद नाम भी है, जिसके बारे में लाग अक्षर भल जात है। यदि आँखें डम तरह व भ्रमा म नहीं पता, तो चित्रकारी सभव नहीं होती और हम चित्रकला का पूषण्य स समास्वादन नहा कर पाले। चित्रकार अक्षर इन दृष्टि-भ्रम का उपयोग करते हैं।

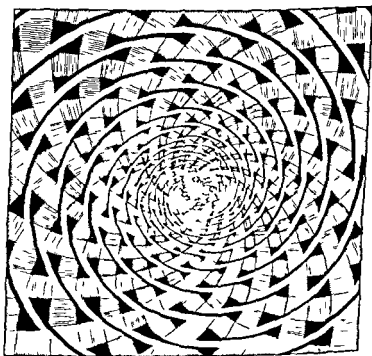
इसी धाखे पर सारी चित्रकला आधारित है, - अर्पण प्रमिद्ध 'विमिश्र भौतिक घटनाओं के बार म पत्र' में XVIII-वीं शती के प्रतिभावान बर्नार्निक एडलर लिखते हैं। - यदि हम सिर्फ सच्चाई ही देखत, ता यत् कला (अर्पण चित्रकला) हाडी ही नहीं, या होनी भी तो हम उमक निय अथ हाने। चित्रकार रगा का मित्रान म सारा निपुणता खच कर तैजा और



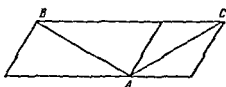
चित्र 141 एक आँख से (दूसरी बंद कर के) उम बिंदु के कर्तब गौर म देखें तब वे रेखायें बढाने पर मिलगी। आपका कागज पर अर्पण गडे हुए पिन लिखें। चित्र का दृश्य से इधर-उधर लिखने पर लगेंगा कि पिन लिख-युक्त रहे हैं।



चित्र 142 अक्षर सीधे हैं।



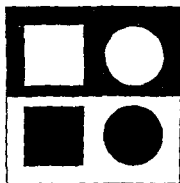
चित्र 113 वक्र रेखायें सर्पिलाकार लगती है पर ये वक्ताकार हैं। मुई की नोक किसी रेखा पर घुमा कर देख ले सकते हैं।



चित्र 144 दूरी AB बड़ी लगती है AC से, पर दोनों बराबर हैं।



चित्र 145 पट्टियों को काटन वाली आड़ी रेखा टूटी-टूटी सी लगती है।

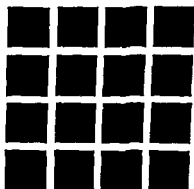


चित्र 146 काले और सफेद वर्ग बराबर हैं। वृत्त भी बराबर हैं।

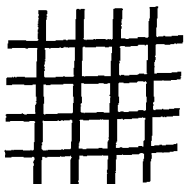
हम कहते इस तख्ते पर लाल धब्बा है, यह नीला धब्बा है, महा काला है और वहा कुछेक सफेद रेखायें हैं, सब एक समतल पर स्थित है और आगे-पीछे की दूरियां भ कोई अंतर नहीं दिख रहा है। इस तरह, एव भी वस्तु का चित्र बनना संभव नहीं होता। हर चीज का चित्र कागज पर सपाट लिखावट सा होता यदि हमारी दृष्टि पूर्ण (दोष रहित) होती तो क्या हम दया के पात्र नहीं होते कि हम इतनी लाभदायक व सुखकर कला का कोई रसास्वादन नहीं कर सकते?"

प्रकाशिकीय भ्रम बहुत सारे हैं और उनसे पूरी किताब भरी जा सकती

है।¹ इनमें से कई तो सर्वव्यपित हैं और बड़ों को लोग बिल्कुल नहीं जानते। यहाँ प्रवाशिकीय भ्रमों के ऐसे ही नमूने प्रस्तुत किये जा रहे हैं, जिनका लोगो को बहुत कम ज्ञान है। जालीदार पृष्ठभूमि पर रेखाओं से संबंधित दृष्टि भ्रम (चित्र 142 व 143) काफी प्रभावशाली हैं। अर्धों का बिल्कुल विश्वास नहीं होता कि चित्र 142 में सारे अक्षर सीधे हैं। चित्र 143 में और भी कठिनाई से विश्वास होता है कि हमारे सामने सर्पिल नहीं, इक्वेट्री (एक सामूहिक केंद्र वाले) वृत्त हैं। सिर्फ प्रत्यक्ष परीक्षण द्वारा आप यह देख सकते हैं। मिथ्या सर्पिल की किसी भी शाखा पर पेंसिल की नोक रख कर घुमायें। शीघ्र ही स्पष्ट हो जायेगा कि आप न तो केंद्र के निपट आ रहे हैं और न उससे दूर जा रहे हैं, आप वृत्त की



चित्र 147 इस आकृति में सफेद पट्टियों के कटान-स्थलों पर भूरे व वर्गाकार धब्बे लुक छिप कर प्रकट होते रहते हैं। पर असंलियत में सफेद पट्टियाँ पूरी तरह से सफेद हैं। यदि विश्वास न हो, तो कागज से किसी पट्टी के अगल-बगल के काले वर्गों को ढक कर देख लें। भूरे धब्बे वण वपम्य के परिणाम हैं।



चित्र 148 काली पट्टियों के कटान स्थलों पर भूरे से धब्बे दिखते हैं।

¹ मेरी उपरोक्त पुस्तक "दृष्टि भ्रम" में 60 से अधिक प्रवाशिकीय भ्रम संग्रहित हैं।

परिधि पर घूम रहे हैं। इसी तरह परखान की सहायता से आप देख सकते हैं कि चित्र 141 में रेखा AC रेखा AB से छाटी नहीं है। चित्र 145, 146, 147, 148 में उल्टे चित्रों के बारे में जो चित्रों के नीचे पढ़ सकते हैं। चित्र 147 का घम कितना प्रभावशाली है, इसका पता एक मजिदर पटना में बनता है। इस पुस्तक के पिछले प्रकाशकों में जो एक के प्रकाशकों को जब इस चित्र का जन्मपत्री मुद्रण दिखाया गया, तो वह उमे पुन छापवाने में भजन लगा, ताकि अपने पट्टियां न बटान-म्यता पर स्थित वाले गदे भूरे धब्बा का साथ बन दिया जाये। अच्छा हुआ कि मैं सयोगात् इसी समय रहा पहुँच गया और प्रकाशकों महोदय को समझा कर रोखने में सफल हो गया।

निवट दृष्टि की दृष्टि में

निवट दृष्टि वाले लोग बिना चश्मे के ठीक से नहीं देख पाते, पर वे क्या देखते हैं, वस्तुएं उन्हें कभी स्थिति हैं—इसके बारे में सही दृष्टि वाले लोग बहुत कम ही कुछ जानते हैं। पर निवट दृष्टि वालों की मर्यादा बहुत अधिक है और वे परिवेश को किस रूप में देखते हैं, यह जानना लाभदायक होगा।

प्रथमतः, निवट दृष्टि वाला व्यक्ति (जाहिर है कि बिना चश्मे के) कभी भी स्पष्ट भावनाया नहीं देखता, उसके लिये सभी वस्तुओं की परिरेखायें अस्पष्ट व धुली हुई होती हैं। अच्छी दृष्टि वाला व्यक्ति जब पेड़ को देखता है, तो पत्ते-पत्ते को अलग व स्पष्ट देखता है। निवट दृष्टि वाला व्यक्ति सिर्फ एक बेतरतीब हरा पिंड देखता है, जिसमें उसे अजीबोगरीब भावनाया मजदर आ सकती है, उसके लिये छोटी वस्तुएं और छोटे विवरण एकदम ही लुप्त हो जाते हैं।

निवट दृष्टि वाला को दूसरा की शब्दों में कुछ कम उम्र की तथा अधिक भावपूर्ण लगती है, अच्छी दृष्टि वालों की तरह व महीन झुर्रियां और कई अन्य दोष नहीं देख पाते, चमड़े का भाड़ा लाल रंग (प्राकृतिक या कृत्रिम) उन्हें कामल अस्थान लगता है। हम अपने कुछ परिचितों के आलेखन पर आश्चर्य करते हैं कि वे लोगों की उम्र का अंदाजा लगाने में बीस बीस साल तक की गलती कर जाते हैं, जिस हम सुंदर नहीं कहते, उसे वे सुंदर कह देते हैं। कभी-कभी वे बेशर्मी से हमारी आंखें देखन लगते हैं,

जैसे कोई रहस्य जान लेना चाहते हो। पर इन सबका कारण यही है कि वे निकट दृष्टि वाले हैं।

“लाइसियम (पुराने जमाने के अध्ययन केंद्र) में मुझे चश्मा लगाने की मनाही थी, — पुराने के मित्र कवि देलविग अपने सम्मरण में लिखते हैं, — पर इससे स्त्रियाँ कितनी मनाहर प्रतीत होती थी और पढ़ाई खत्म करने के बाद मुझे कितनी निराशा हुई थी।” जब निकट दृष्टि वाला व्यक्ति (बिना चश्मा लगाये) आप से बात करता है, तो वह आपकी शकल नहीं देखता, देखता भी है, तो वह चीज नहीं, जो आप सोचते होंगे उससे सामने अस्पष्ट आकृति होती है। हाँ सकता है कि एक घटे बाद वह आपको सड़क पर देखे और पहचान न पाये। निकट दृष्टि वाला व्यक्ति सागा को अपने रूप रंग से उतना नहीं पहचानता जितना उनकी आवाज के आधार पर। आप कह सकते हैं कि विकसित ध्वनि शक्ति दृष्टि दोष का पूरक बन जाती है।

निकट दृष्टि वाला को रात की दुनिया कसी लगती है, यह भी कम रोचक नहीं है। रात में सभी प्रकाशमान वस्तुएँ — लप, प्रकाशित छिड़कियाँ आदि उन्हें काफी बड़े आकार में दिखती हैं। दुनिया उनके लिये चमकीले घबो, बाले व धुंधले सिलुएटा आदि से भरे बेतरतीब चित्र में परिणत हो जाती है। सड़क पर घमा की रोशनी को वे दो-तीन बड़े-बड़े प्रकाश घबो के रूप में देखते हैं, जो उनकी दृष्टि में सड़क का बाकी सारा भाग ढक लेते हैं। सामने से आती मोटर-कार की जगह वे दो चमकीले गोल घेरे देखते हैं, जिनके पीछे एक काला पिंड दौड़ता होता है।

निकट दृष्टि वाला को रात में आकाश भी कुछ और ही नजर आता है। वे सिर्फ बड़े तारे को ही देख पाते हैं, अतः उन्हें कुछेक हजार की जगह कुछेक सौ तारे ही नजर आते हैं, और वे भी प्रकाश के बड़े-बड़े लोदो जैसे नजर आते हैं। चाँद उन्हें काफी बड़ा व निकट दिखता है। अर्द्ध चंद्र उनके लिये बिल्कुल विचित्र रूप रंग का होता है।

आकारों के प्रतीयमान परिवर्धन व इन विकृतियों का कारण निकट दृष्टि वाले की आँख की विशेष बनावट में छिपा होता है। ऐसे आदमी की आँख काफी गहरी होती है, इतनी गहरी कि अपवर्तन के बाद प्रकाश किरणें रेटिना (दृष्टिपटल) पर नहीं उससे कुछ पहले ही इकटित हो जाती हैं। रेटिना तक सिर्फ अपसृत किरण-पुंज पहुँचती है, जिसके कारण वस्तुओं का बिंब अस्पष्ट बनता है।

अध्याय 10

ध्वनि और श्रवण-शक्ति

प्रतिध्वनि की खोज

किसी ने देखा नहा,
पर सुना उसे सबने है,
अग नहीं, पर जीती है,
जीभ नहीं और चीखती है।

निशासक

अमरीकी व्यंग्यकार मार्क ट्वेन की कहानियों में से एक में एक आदमी प्रतिध्वनियों का सग्रह करता होता है। वह हर उस स्थान को खरीद लेता था, जहाँ की प्रतिध्वनि में कोई विशेषता थी, या वह कई बार दुहराई जाती थी।

‘पहले उसने जाजिया प्रात में एक प्रतिध्वनि खरीदी, जो चार बार शब्दों को दुहराती थी। इसके बाद मेरीलैंड में छे बार स्वरा को दुहराने वाली प्रतिध्वनि और मेने में 13-बार वाली खरीदी। अगली खरीदारी में कजास की 9-बार वाली प्रतिध्वनि आयी। इसके बाद टेनेसी की 12 बार वाती, जो सस्ते में मिल गई थी, खरीदी गयी। सस्ते में, क्योंकि उसमें काफी कुछ मरम्मत करनी थी इसमें मुख्य चट्टान अपनी जगह से धँस गयी थी। उसने सोचा कि इसपर कोई

दीवार बना कर प्रतिध्वनि को वापस सौटाया जा सकता है, पर इजिनिपर का कभी प्रतिध्वनियो स पाला नही पडा था, अत उसने स्थान को धौर भी बिगाढ किया। मरम्मत के बाद जगह इसी सायर रह गयी थी कि वहाँ सिफ बहर-गूगे शरण ले सक " "

यह तो मजाब है, पर कई बार दुहरायी जान वाली प्रतिध्वनिया सचमुच म होती हैं। उतम स अधिकाश पहाडी जगहा पर होती हैं। कई ता विश्व भर म विख्यात हैं।

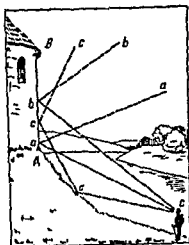
कुछ प्रसिद्ध प्रतिध्वनिया का वणन करते हैं। इगलड मे वुडस्टोक किल मे प्रतिध्वनि 17 अक्षरा को दुहरा सकती है। हाल्बेरश्टाट के पास डेरेनबुग किले के भवशेषा म 27 अक्षरा को दुहराने वाली प्रतिध्वनि थी, पर वम से एक दीवार के ध्वस हो जाने के कारण वह सदा के लिये चुप हा गयी। चेकोस्लोवाकिया म भादेसबाख के पास गोलाबार चट्टानें एक स्थान विशप स 7 अक्षरा की प्रतिध्वनि दुहरा सकती हैं। लेकिन यहाँ से चद कदम हट जाने पर बडूक की आवाज भी प्रतिध्वनित नही होती। मित्तान के निकट एक किले म (जो धब नही है) प्रतिध्वनियो की सख्या बहुत बडी थी उसके एक भाग म गोली चलान पर घमाब की आवाज 40-50 बार सुनायी देती थी और चिल्ला कर कहा गया शब्द-30 बार।

ऐसे स्थाना को ढूँढना कोई आसान काम नही है, जहाँ साफ-साफ एक बार भी प्रतिध्वनि सुनायी पडती हो। पर सोवियत सघ मे ऐसे स्थान खोज निवालना अपेक्षाकृत सरल है। यहाँ जगलो से घिरे अनेक मदान व घाटियाँ हैं। किसी भी ऐसे मदान म जोर से कुछ बोलने पर जगल के पडा की दीवार से टकरा कर स्पष्ट ध्वनि सुनायी दे सकती है।

पहाडियो मे तरह-तरह की प्रतिध्वनिया मिलती हैं, पर उनकी सख्या बहुत कम है। पहाडी-स्थलो पर प्रतिध्वनि सुनना अधिक कठिन है, बनिस्वत कि जगल से घिरे समतल पर।

आफ अभी समझ जायेंगे कि ऐसा क्यों होता है। प्रतिध्वनि और कुछ नही, सिफ ध्वनि तरंग है जो किसी बाधा से टकरा कर परावर्तित हो जाती है। प्रकाश के परावतन की तरह इसमे भी "ध्वनि किरणो" के आपतन व परावतन कोण बराबर होते है (ध्वनि-किरण उस दिशा को कहते है, जिधर ध्वनि-तरंगे गतिमान होती हैं)।

भ्रम कल्पना कर वि भ्राप पहाड के नीचे छडे हूँ (चित्र 149) और ध्वनि को परावर्तित करने वाली बाघा AB भ्राप से कुछ ऊपर ऊँचाई पर है। भासानी से देख सकते हैं कि Ca, Cb, Cc रेखाभो पर भ्रमण करने वाली ध्वनि-तरंगे परावतन के बाद भ्रापके कान तक नही, बल्कि aa, bb, cc, दिशाभों में चली जाती हैं। दूसरी बात होती यदि भ्राप उसी ऊँचाई पर उठ भाते जिस पर बाघा है (चित्र 150) या थोडा ऊपर भी उठ भा सकते हैं। ध्वनि Ca, Cb, दिशाभों में

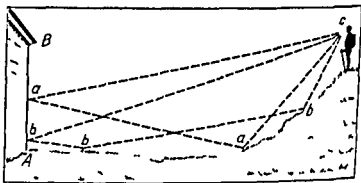


चित्र 149 प्रतिध्वनि नही सुनायी देगी।

जा कर पुन भ्रापके पास भ्रजित रेखाभो CaaC या CbbC पर लौट भायेगी। इसके लिये ध्वनि को एक या दो बार जमीन से भी परावर्तित होना पड सकता है। दोना स्थानों के बीच यदि जमीन गहरी हो, तो और भी भ्रच्छा है, वह नतोदर दपण की तरह काम करती है। पर यदि C और B स्थानों के बीच का स्थान उतल होगा, तो प्रतिध्वनि काफी क्षीण होगी और हो सकता है कि वह भ्रापके कानो तक पहुँचे ही नही, ऐसी सतह उतल दपण का काम करती है।

ऊबड-खाबड पहाडी स्थल पर प्रतिध्वनि को खोजने के लिये कुछ कौशलता की भावश्यकता पडती है। उपयुक्त स्थान के चयन हो जाने के बाद भी वहाँ प्रतिध्वनि उत्पन्न करना कोई भासान काम नही है। प्रथमत, बाघा के बहुत निवट नही खडा होना चाहिये ध्वनि का पप काफी लवा होना चाहिये, ताकि उसे जाकर लौटने मे कुछ समय लगे, भ्रन्यथा प्रतिध्वनि ध्वनि के साथ लीन हो जायेगी। ध्वनि 340m प्रति सेकेड की क्षिप्रता से चलती है, भ्रत बाघा से 85m की दूरी पर छडे रहने से प्रतिध्वनि भाघे सेकेड के बाद सुनायी देगी।

यद्यपि किसी भी प्रकार की ध्वनि की प्रतिध्वनि उत्पन्न हो सकती है,



चित्र 150 स्पष्ट प्रतिध्वनि।

उसकी स्पष्टता एक जसी नहीं होती। घनघोर जगल में कोई पशु गज रहा है या तुरगनाद हो रहा है बिजली फडक रही है या यहाड़ी पार कोई बाला गीत गा रही है—इन सब की प्रतिध्वनियां समान नहीं होंगी। ध्वनि जितनी तीखी होगी, प्रतिध्वनि उतनी ही स्पष्ट होगी। सबसे अच्छी प्रतिध्वनि ताली बजाने की होती है। आदमी का स्वर इतना अच्छा काम नहीं आता, जितना स्त्रियां व बच्चों का। उच्च स्वर अधिक स्पष्ट प्रतिध्वनि देता है।

नापने के फीते की जगह ध्वनि

हवा में ध्वनि प्रसारण का वेग पात होने से दुगम स्थल पर स्थित वस्तुओं की दूरी नापी जा सकती है। जूल वेन के उपयास "पृथ्वी-केन्द्र की यात्रा" में ऐसी एक घटना का वर्णन आता है। भूगत यात्रा के वक्त दा यात्री—प्रोपेसर और उनका भतीजा—एक दूसरे को खो देते हैं। दूढ़ते दूढ़ते आखिर जब वे एक दूसरे की आवाज सुनने लगे, तो उनके बीच इस प्रकार की बातचीत हुई

— चाचा जी!—मैंने चित्ला कर कहा (कहानी भतीजे की आर से कही जा रही है)।

—क्या है, बेटा?—कुछ क्षण बाद मैंने उत्तर सुना।

—कितनी दूर हैं हम लोग एक दूसरे से?

-यह जानना बठिन नही है।

-आपका ओतोमीटर ठीक-ठाक है?

-हाँ।

-उसे हाय मे ले लीजिये। मेरा नाम जार से पुकारे और बोलना शुरू करने के क्षण सेकेड की सुई ठीक-ठीक देख कर याद कर ले। जैसे ही आपकी आवाज मुझ तक आयेगी, मैं भी जोर से अपना नाम दुहराऊगा। जब आप मेरी आवाज सुनेंगे, पुन सेकेड की सुई देख लेंगे।

-अच्छी बात है। तब मेरे पुकारने और तुम्हारा उत्तर सुनाई दन म जो समय लगा है, उसका आधा समय लगता है ध्वनि को यहा से तुम तक पहुँचने मे। तुम तयार हो न?

-हाँ।

-रेडी! तुम्हारा नाम पुकार रहा हूँ।

-मैंने दीवार से कान लगा लिया। जैसे ही शब्द "आक्सेल" (कहानी कहने वाले का नाम) सुनायी दिया, मैंने शट से उसे दुहरा दिया और इतजार करने लगा।

-वालिस सेकेड, -चाचा ने कहा, -अत तुम्हारी आवाज मुझ तक 20 सेकेड म पहुँची है। और चूँकि ध्वनि एक सेकेड में तिहाई किलोमीटर तय करती है, हम लोग एक दूसरे से लगभग सात किलोमीटर की दूरी पर है।"

यदि इस अवतरण की बाते आप अच्छी तरह से समझ गये हैं, तो आप एक ऐसे प्रश्न को स्वयं हल करने की कोशिश करे दूर खड़े हजन से मोटी देने वाले भफेद वाप्य को मैंने जिस क्षण देखा, उसके ठीक डेड सेकेड बाद मुझे आवाज सुनायी दी। हजन से मैं कितनी दूर था?

ध्वनि-दपण

जगल की दीवार, ऊँची चहारदीवारी, मकान, पवत आदि जमी बाधायें, जो ध्वनि को परावर्तित कर सकती हैं, उसके लिये दपण का काम करती हैं। वे ध्वनि को उसी प्रकार परावर्तित करती हैं, जैसे चौरस दपण प्रकाश को परावर्तित करता है।



चित्र 151 ध्वनि के लिये नतोदर दपण।

ध्वनि-दर्पण सिर्फ़ समतल ही नहीं, वक्र भी होते हैं। नत ध्वनि-दर्पण रिफ्लेक्टर (परावर्तक) की तरह ध्वनि किरणों को अपनी नाभि पर इकत्रित करता है।

इससे संबंधित एक रोचक प्रयोग आप दो गहरी प्लेटों से कर सकते हैं। एक प्लेट को टेबुल पर रख ले और उसकी पेंदी से कुछ सेटीमीटर ऊपर जब घड़ी पकड़े रहें। दूसरी प्लेट चित्र 151 की भाँति कान के पास रखें। यदि घड़ी, कान और प्लेटों की आपसी स्थितियाँ सही चुनी गयी हैं (इन वस्तुओं को कई बार इधर-उधर घिसका कर सही स्थान "टटोलते"

हैं), तो आपको टिक की आवाज उस प्लेट से आती सुनायी देगी, जिसे आप कान के पास पकड़े हैं। यदि आँखें बंद कर ली जायें, तो भ्रम और भी स्पष्ट हो जायेगा। इस स्थिति में बहना मुश्किल हो जायेगा कि किस हाथ में घड़ी है और किस में प्लेट।

आ के निर्माता ध्वनि के गुणा के आधार पर तरह-तरह



चित्र 152 प्राचीन कीरखेर, 1560 की

किले में ध्वनि-चमत्कार—बोलती मूर्तियाँ (भ्रमनाली पुस्तक से)।

के धनुबे बनाया वरत भ। नत ध्वनि-स्पर्ण भी नाभि या दीवार में छिपी ध्वनि-वाहक नली के एक सिरे पर कोई प्रतिमा रख दी जाती थी। चित्र 152 में XVI-वीं शती की एक पुरानी विन्दाय से लिया गया एक धारेख लिखाया गया है, जो ऐसी ही एक युक्ति का रहस्य बताता है। बाहर सड़क पर से धाराओं दीवार में छिपी ध्वनि-वाहक नली द्वारा भीतर आती हैं और वहाँ से गुब्बज पर परावर्तित होने हुए प्रतिमा की होठ तक पहुँच जाती हैं। दीवारों में जगह-जगह छिपी बड़ी-बड़ी ध्वनि-वाहक नलियाँ बाहर की धाराओं भीतर रखी प्रतिमामा के होठों तक लाती हैं। इन युक्तियों के कारण किले के भीतर स्थित लोगो को लगता है कि मूर्तियाँ रो रही हैं, बातें कर रही हैं, आदि।

पियेटर कक्षों में ध्वनि

जो लोग संगीत-नायक, नाटक आदि देखने के लिये भक्तर पियेटरों में जाया करते हैं, वे जानते हैं कि कुछ कक्षों में ध्वनि-संचरण अच्छा होता है और कुछ में बुरा। किसी कक्ष में कलाकारों की धाराज किसी भी दूरी से सुनाई देती है, तो किसी में नजदीक से भी अस्पष्ट सुनायी देती है। इन बातों का कारण अमरीकी भौतिकविद्, बुड की पुस्तक "ध्वनि-तरंगों और उनका उपयोग" में बहुत अच्छी तरह समझाया गया है।

"ध्वनि-स्रोत के चुप हो जाने पर भी भवन के भीतर देर तक उसकी धाराज सुनायी देती रहती है। परावर्तनों के कारण वह भवन के भीतर ही भीतर चक्कर काटती रहती है। इस बीच यदि ध्वनि-स्रोत चुप नहीं रहता, अर्थात् उससे और भी नयी-नयी ध्वनियाँ निकलती रहती हैं, तो सुनने वाले उन्हें सही ढंग में ग्रहण नहीं कर पाते और इसीलिये उनकी समझ में कुछ भी नहीं आता। उदाहरणार्थ यदि ध्वनि तीन सेकेंडों तक अमणशील रहती है और वक्ता एक सेकेंड में तीन अक्षरों की गति से बोल रहा है, तो 9 अक्षरों वाली ध्वनि-तरंगें कक्ष में एक साथ धूमना शुरू कर देंगी और वहाँ इतना बेतरतीब शोर होगा कि स्रोत कुछ समझ नहीं सकेगा।

इन परिस्थितियों में वक्ता अक्सर जोर से बोलने की कोशिश करते हैं और शोर उल्टा बढ़ जाता है। यहाँ अधिक उपयुक्त होगा कि वे धीरे-धीरे, स्पष्ट व कुछ धीमे स्वर में बोलें।

अच्छे ध्वनि-संचरण वाले हॉल का निर्माण अभी हाल तक सिर्फ सयोग की बात मानी जाती थी, पर आज के जमाने में अनुनादन (रिवब्रेशन) के कारण ध्वनि की अवाछनीय लंबाई से सघप की उत्तम विधिया ज्ञात हैं और स्पष्ट श्रवण कोई समस्या नहीं रह गयी है। इस पुस्तक में इन्हें सविस्तार देखने की कोई आवश्यकता नहीं है, क्योंकि यह सिर्फ वास्तुइंजिनियरों के काम आयेगी। इतना बता देते हैं कि बुरे ध्वनि संचरण के साथ सघप करने के लिये ध्वनि शोपक सतहों का निर्माण करना पड़ता है। सबसे अच्छा ध्वनि शोपक खुली खिड़की है (जैसे प्रकाश शोपक का काय कोई भी छेद करता है)। खुली खिड़की का एक वर्ग मीटर जितनी ध्वनि शोपित करती है, उसे ध्वनि शोपण की इकाई मानते हैं। थियेटर के दशक भी खुद बहुत अच्छे ध्वनि शोपक होते हैं, पर खुली खिड़की की तुलना में सिर्फ आधी ध्वनि ही सोख पाते हैं। इसका मतलब है कि हर आदमी आधे वर्ग मीटर खुली खिड़की की बराबरी करता है और यदि एक भौतिकविद का कहना बिल्कुल सही है कि 'स्रोत वक्ता के भाषण को बिल्कुल सीधे अर्थों में सोखते हैं,' तो यह भी गलत नहीं है कि वक्ता के लिये खाली हॉल बिल्कुल सीधे अर्थों में कष्टकर है।

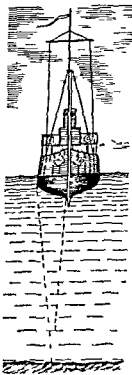
यदि ध्वनि शोपक बहुत अधिक है, तो इससे भी सुनने में कठिनाई हाती है। प्रथमतः, अत्यधिक श्रवणशोपण ध्वनि को क्षीण कर देता है और, दूसरे अनुनादन को इतना कम कर देता है कि स्वर का तारतम्य छिन्न हो जाता है और वह सूखा-सूखा सा लगता है। इसीलिये यदि बहुत लंबा अनुनादन बुरा है, तो बहुत लघु अनुनादन भी वाछनीय नहीं है। अनुनादन की इष्टतम दीघता हॉल के आकार पर निर्भर करती है, अतः उसे बनाते वक्त ही इसका खयाल रखना चाहिये।

थियेटर में भौतिकी के दृष्टिकोण से एक और रोचक चीज होती है, जिसे अनुप्रेरक कक्षिका कहते हैं। आपने ध्यान दिया होगा कि उसका रूप व आकार सभी थियेटरों में एक सा होता है। इसका कारण यह है कि कक्षिका अपने आप में एक भौतिकीय उपकरण है। उसका गुब्बज ध्वनि के लिये नतोदर दपण का काम करता है। इसके दो काय हैं अनुप्रेरक जब पुसफुसाता हुआ क्लाकारों को उनके सभाषण की याद दिलाता है, तो उसकी आवाज को यह गुब्बज दशका की आर जाने से रोकता है और उसे रगमच की आर भेजता है।

दीर्घकाल तक आदमी को प्रतिध्वनि से कोई लाभ नहीं था, लेकिन अब उसका उपयोग सागरा की गहराई नापने में होने लगा है। यह विधि सयोगवश आविष्कृत हुई थी। 1912 ई. में "टिटानिक" नामक एक समुद्री जहाज अपने सारे यात्रियों समेत डूब गया। दुर्घटना का कारण था एक विशाल हिमखंड, जिससे जहाज की टक्कर हो गयी थी। रात को या कुहासे के समय कहीं फिर ऐसी दुर्घटना न हो जाये, इसके लिये प्रतिध्वनि का उपयोग किया गया, जो रास्ते में पड़े हिमखंड का पता दे सके। प्रयत्न असफल रहा, पर इसी चक्कर में प्रतिध्वनि से समुद्र की गहराई नापने का विचार उत्पन्न हुआ।

चित्र 153 में ऐसी युक्ति का आरेख दिखाया गया है। जहाज के पाश्व में पेंदे के पास से बारूद की गोली दागी जाती है, जिससे काफी तीक्ष्ण ध्वनि उत्पन्न होती है। ध्वनि पानी से होता हुआ सागर-तल तक पहुँचता है और उससे परावर्तित हो कर पुन जहाज तक आता है। पेंदे में लगा एक अत्यंत संवेदनशील अभिप्राहक प्रतिध्वनि को ग्रहण करता है। ध्वनि भेजने और प्रतिध्वनि ग्रहण करने के बीच के अंतराल को उच्च कोटि की घड़ी द्वारा नापा जाता है। पानी में ध्वनि का वेग ज्ञात है, अतः काल द्वारा ध्वनि परावर्तित करने वाली बाधा की दूरी (अर्थात् सागर-तल की गहराई) ज्ञात कर लेना कठिन नहीं है।

इस विधि को प्रतिध्वनन (एको साउण्डिंग) का नाम दिया गया और इसने सागर की गहराई नापने की विधि में क्रांति पदा कर दी। पुरानी विधियों का उपयोग



चित्र 153 ध्वनि की सहायता से गहराई मापना।

करने के लिये जहाज को एक ही जगह पर काफी देर तक रोक कर रखना पड़ता था। धक्के पर लपेटी रस्सी से लगर बाध कर नीचे गिराना पड़ता था (150 m प्रति मिनट की दर से)। रस्सी नीचे लटकाने व उसे पुनः वापस लपेटने में काफी समय लगता था। 3 km की गहराई नापने में बरीब पाँच घंटे लग जाते थे। प्रतिध्वनि की सहायता से गहराई चढ़ सेकेण्डों में ज्ञात हो जाती है और जहाज को रोकना भी नहीं पड़ता। परिणाम काफी सही और विश्वस्त होते हैं। मापन-ब्लिट चौथाई मीटर से अधिक की नहीं होती (इसी के लिये तो समय के अंतराल को सेकेण्ड के 3000-वें अंश की शुद्धता से नापा जाता है)।

आधुनिक प्रतिध्वनन में साधारण ध्वनि नहीं, श्रव्यातीत प्रचंड पराध्वनि का उपयोग किया जाता है, जिसकी कणनावृत्ति प्रति सेकेण्ड कुछेक मिलियन तक की होती है। ऐसी ध्वनि उच्च प्रत्यावर्ती विद्युत-क्षेत्र में रखे स्पटिकपत्र द्वारा प्राप्त की जाती है।

भनभनाहट

उड़ने वाले कीट-पतंगे अक्सर भनभनाहट की ध्वनि क्यों उत्पन्न करते हैं? उनके पास अधिकांशतः इससे लिये कोई विशेष अंग भी नहीं होता। भनभनाहट का कारण इतना ही है कि उड़ते वक्त उनके पंखों की फड़फड़ाहट कुछेक सौ तक पहुँच जाती है। उनका पंख इस स्थिति में कणनरत पत्र माना जा सकता है और हम जानते हैं कि पर्याप्त आवृत्ति से कणन करने वाला पत्र (अक्सर एक सेकेण्ड में 16 बार), एक विशेष तारता की ध्वनि देता है।

अब आप जानना चाहेंगे कि पतंगों के पंखों की आवृत्ति कैसे ज्ञात की जाती है। इसके लिये कानों से सुनना पर्याप्त है कि वह किस तारता का स्वर उत्पन्न कर रहा है। हर तारता के लिये एक निश्चित कणनावृत्ति होती है। बाल विशालक" (दे अध्याय 1) से पता चला है कि किसी भी पतंगे के पंखों की फड़फड़ाहट की आवृत्ति लगभग हमेशा समान रहती है। उड़ान नियंत्रित करते वक्त पतंगा सिर्फ फड़फड़ाहट का "आयाम" बदलता है या पंखों का झुकाव बदलता है। सेकेण्ड में फड़फड़ाहट की संख्या सिर्फ

ठड के कारण बढ़ती है। इसीलिये भनभनाहट की तारता (हर उठने वाले कीड़े के लिये) हमेशा एक सी रहती है।

निर्धारित किया गया है कि F तारता से उठने वकन घरेलू मक्खी एक सेकेंड में 352 बार पख फड़फड़ाती है। भौरा एक सेकेंड में 220 बार फड़फड़ाता है। A तारता देने हुए उम्रवत उडती मधुमक्खी 440 बार एक सेकेंड में पख फड़फड़ाती है। जब उसके साम बोज (शहद) होता है, तब वह सेकेंड में सिफ 330 बार पख फड़फड़ाती है। इससे B तारता की ध्वनि प्राप्त होती है। मोगरे बहुत ही सुस्ती से उडते हैं। मच्छड के पखो में प्रति सेकंड 500-600 बार कपन होता है। तुलना के लिये बता दूँ कि हवाई जहाज का प्रोपेलर एक सेकेंड में सिफ 25 बार घूमता है।

श्रवण भ्रम

यदि किसी कारणवश हम यह मान बैठें कि किसी हल्के शोर का सात हमसे काफी दूर है, तो उसकी आवाज हमें काफी तेज लगेगी। इस तरह के श्रवण भ्रम अक्सर अनुभूत होते रहते हैं, पर अक्सर हम उस पर ध्यान नहा देते।

इस तरह की एक रोचक घटना का वणन अमरीकी वैज्ञानिक विलियम जेम्स अपने "मनोविज्ञान" में करते हैं

"एक बार काफी रात को मैं बैठा पढ रहा था, अचानक ऊपर के तल्ले से जोरों का एक शोर सुनायी दिया। शोर तुरत बंद हो गया और एक मिनट बाद फिर से शुरू हो गया। मैं बाहर हील में निकल आया और ध्यान से सुनने लगा, पर कुछ सुनायी नहीं दिया। पर जैसे ही विनाब खाली, शोर फिर से शुरू हो गया। शोर काफी जोरा का और अभावना था, जैसे कोई आधी चलने वाली हो। वह हर तरफ से आ रहा था। मैं काफी घबड़ा गया और फिर से हील में निकल आया। शोर फिर गायब हो गया।

अपने कमरे में दूसरी बार लौटने पर मैंने अचानक देखा कि शोर फश पर सीधे छोटे से कुत्ते की खर्राहट के कारण हो रहा है!

दिलचस्प बात तो यह है कि शोर का वास्तविक कारण जान लेने के

बाद में लाख कोशिश कर के भी उस पुराने भ्रम को दुबारा नहीं कर सका।”

शायद पाठको को भी अपने जीवन की कोई ऐसी घटना याद आ मुझे ऐसे भ्रमों का बहुत बार अनुभव हुआ है।

टिप्पणी कहाँ है ?

ध्वनि-स्रोत की दूरी तो नहीं, पर दिशा बताने में हम भ्रमसर कर जाते हैं।



चित्र 154 किधर गोली छूटी बायें या दायें ?

हमारे कान सही-सही बता सकते हैं कि गोली बायें दागी गयी या दायें (चित्र 154)। लेकिन यदि ध्वनि-स्रोत ठीक हमारे भागे या है, तो हम भ्रमसर उसकी स्थिति बताने में असमर्थ रहते हैं। भागे से गयी गोली की आवाज भ्रमसर पीछे से आती प्रतीत होती है।

इस स्थिति में हम सिर्फ यह बता सकते हैं कि गोली कहीं से दागी गयी है या दूर से।

एक प्रयोग है, जिससे हमें बहुत सारी जानकारी मिल जायेगी।

की भावों पर पट्टी बांध कर कमरे के बीच में बैठें और उससे कहें कि वह सिर इधर-उधर न घुमाये। हाथों में दो सिक्के लेकर आप एक स दूसरे पर घोट करें। यदि आप हमेशा उस उदय समतल पर हैं, जो आपके मित्र के सिर की छाँटों के बीच से दो बराबर भागों में बाँटती है, तो आपका मित्र सभी नहीं बता सकेगा कि किस जगह से इन्फ्रा-रेड की आवाज आयी है आवाज कमरे के एक कोने में होगी और आपका मित्र दूसरे कोने की ओर दिखाएगा।

यदि आप सममिति के इस समतल से इधर-उधर हो जायेंगे, तब इतनी बड़ी गलतियाँ वह नहीं करेगा। कारण स्पष्ट है भ्रम ध्वनि आपके मित्र के निकटतम कोने तक कुछ पहले और अधिक जोर से पहुँचेगा।

इस प्रयोग से समझ में आ जाता है कि घास में छिप कर चरचरात टिट्टे को देख पाना इतना कठिन क्या है। उसका सीखा स्वर आप से पय के दायें दो कदम की दूरी पर सुनायी देता है। आप उधर मुड़ते हैं, पर कुछ दिखता नहीं है, आवाज दायें से आ रही है। आप उधर मुड़ते हैं, पर आवाज किसी तीसरी जगह से आती प्रतीत होती है। जितना ही आप अपना सिर इधर-उधर चरचराहट की दिशा में घुमायेंगे, यह अत्यन्त "संगीतकार" उतनी ही तेजी से छलागे लगायेगा। पर वास्तविकता यह है कि टिट्टा एक ही स्थान पर बठा रहता है। उसकी छलागे आपकी कल्पना शक्ति या श्रवण भ्रम के परिणाम हैं। आपकी गनती यह है कि आप सिर इस तरह घुमाते हैं कि टिट्टा आपके सिर के सममिति-समतल पर आ जाता है और हम जानते हैं कि इस स्थिति में ध्वनि के आने की निश्चिन्ता बताने में गलती की अधिक सम्भावना है टिट्टे की चरचराहट भागे से आती है और आप उसे पीछे से आती हुई मान लेते हैं। यहाँ से एक व्यावहारिक निष्कर्ष निकाला जा सकता है यदि आप



चित्र 155 किस स्थान पर गोली दागी गयी?

निर्धारित करना चाहते हैं कि टिट्टे की चरचराहट या कोयल की कू-कू जैसी दूर की आवाजें वहाँ से आ रही हैं, तो आप को सिर ठीक आवाज की ओर नहीं घुमाना चाहिये। बस, हम करते भी यही हैं, जब हम "सतव" या "सजग" हो उठते हैं।

आवाज की तरारें

जब हम सूपी डबल रोटी खाते हैं, तो हम काफी जोर का शोर सुनायी देता है। पास बैठा व्यक्ति भी वही चीज धा रहा होता है, पर उससे कोई खास शोर नहीं सुनायी देता। ऐसा क्यों होता है?

बात यह है कि यह शोर सिर्फ हमारे कानों में होता है और पड़ोस में बैठे व्यक्ति को परेशान नहीं करता। घोपड़ी की हट्टी या कोई भी ठोस सुनम्य पिठ ध्वनि का बहुत अच्छा चालक होता है और ऐसे घने माध्यम में ध्वनि अत्यधिक तेज लगती है। हवा के माध्यम से कान तक पहुँचने वाली ध्वनि हल्के शोर सी प्रतीत होती है, पर वही ध्वनि जब घोपड़ी के ठोस रेशों से होकर हमारी श्रवण-संवेदनाओं की वाहक शिराओं तक पहुँचती है, तो वह तेज शोर में परिणत हो जाती है। इसी बात को सिद्ध करने वाला एक प्रयोग करें जेबी भट्टी को लटकाने वाले छल्ले को दाँतो से पकड़ ले, आपको टिक टिक की आवाज हथौड़े की चोट सी प्रतीत होगी।

"उदर-वाणी का चमत्कार"

उदर वक्ताओं द्वारा दिखाये जाने वाले "चमत्कारों" का रहस्य उन्हीं बातों से खुलता है जो पृ 241 244 पर बतायी गयी हैं।

"यदि कोई व्यक्ति - प्रो हैपसन लिखते हैं - छप्पर की कलगी पर घूम रहा है, तो उसका स्वर घर के भीतर फुसफुसाहट के रूप में सुनायी देगा। जस-जसे वह विनारी की ओर बढ़ेगा उसकी आवाज और क्षीण होती जायेगी। यदि हम घर के किसी कमरे में बैठ हैं, तो हमारे कान उस व्यक्ति की दूरी और उससे आने वाली ध्वनि की दिशा के बारे में कुछ भी नहीं बता सकते। लेकिन स्वर में बदलाव के आधार पर हमारी बद्धि यह निष्कप निवाल सकती है कि बोलने वाला व्यक्ति हमसे दूर होता जा

रहा है। यदि स्वर छुद सूचित कर दे कि उसे बोलने वाला व्यक्ति छप्पर पर घूम रहा है, तो हम आसानी से बिग्याप्त कर लगे। और यदि कोई उस व्यक्ति के साथ बातें करन लग जाये, जो मानों की बाहर खड़ा है, और उस का उत्तर भी प्रान्त करे, तो भ्रम और भी प्रभावशाली हो जाता है।

मे ही वे परिस्थितियाँ हैं, जिनमें उदर-वक्ता काम करता है। जब छप्पर पर खड़े आदमी के बोलने की बारी आती है, उदर-वक्ता फुसफुसाना शुरू कर देता है, जब उसकी छुद की बारी आती है, वह अपने स्पष्ट व दूर स्वर में बोलने लगता है, ताकि दोनों आवाजों में अंतर दिख सके। उसकी बातों का सार किसी प्रतिरिक्त साथी की उपस्थिति का भ्रम और भी बढ़ा देता है। यदि इसमें कोई पकड़ी जाने वाली बात है, तो यह कि मिथ्या साथी की आवाज छप्पर से नहीं, रगमच से आती सुनायी दे सकती है।”

यहाँ यह बताना आवश्यक है कि उदर-वाणी शब्द यहाँ ठीक नहीं बलता। उदर-वक्ता को यह तथ्य छिपाना पड़ता है कि जब उसके मिथ्या साथी के बोलने की बारी आती है, तो वह स्वयं बोलता है। इसके लिये उसे नाना तिकड़म रचने पड़ते हैं। विभिन्न भाव भंगिमाया से वह दर्शन का ध्यान अपनी ओर से हटाने की कोशिश करता है। एक तरफ झुक कर और हाथ कान के पास रख कर सुनने का नकल करते हुए वह अपने होठ छिपाने की कोशिश करता है। जब वह अपनी शक्ति नहीं छिपा सकता, तो होठों की गति विधि “यूनतम” कर देता है। इससे उसे इस बात से सहायता मिलती है कि उसे अपने “साथी” की ओर से फुसफुसाहट में बालना पड़ता है। हाँ, हाँ की गति इतनी अच्छी तरह से छिपायी जाती है कि कुछ लोग साचते हैं कि कनाकार के शरीर की गहराइयों में से आवाज आ रही है। इसीलिये उसका नाम उदरवक्ता पड़ा।

इस प्रकार उदरवाणी का मिथ्या चमत्कार पूर्णतः इस बात पर आधारित है कि हम ध्वनि के आने की दिशा और उसका स्रोत सही-सही नहीं बता सकते। साधारण परिस्थितियाँ भी हम सिर्फ चीन्-तीर कर नाम चला लेते हैं। लेकिन यदि परिस्थिति साधारण न हो, तो हम ध्वनि-स्रोत के निर्धारण में बड़ी-बड़ी गलतियाँ कर बैठते हैं। उदरवक्ता को रगमच पर देखते समय मैं भी इस भ्रम को दूर नहीं कर पाया, यद्यपि मुझे मानुम है कि बात क्या है।

पाठकों से

“मीर” प्रकाशन इस पुस्तक के अनुवाद और डिजाइन सबघी भाप के विचारो के लिये आपका अनुगहीत होगा। आपके अन्य सुझाव प्राप्त करवे भी हमे बडी प्रसन्नता होगी। कृपया हमे इस पते पर लिखिये

“मीर” प्रकाशन
पेर्वी रीज्स्की पेरेऊलोक, 2
मास्को, सोवियत सघ

नवीन प्रकाशन

भौतिकीय परिभाषाया, सूत्रो तथा
अय सूचनाया की शीघ्र जानवारी
के लिये
'मीर' प्रकाशन-गृह
की नवीन छात्रोपयोगी पुस्तक

नि ह कोशरिन, मि प्रि शिरकेविघ
सरल भौतिकी निर्वाशका

पुस्तक से विद्यालय की उच्च
वडाओ के विद्यार्थी ही नहीं, तबनीकी
सस्थानो के छात्र और भौतिकी से
सबद्ध अय पेशे के लोग भी
लाभावित होंगे ।

नवीन प्रकाशन

गणितीय सिद्धांतों, सूत्रों व
विधियों की शोध जानकारी के लिये
'मीर' प्रकाशन-गृह
की नवीन छात्रोपयोगी पुस्तक

मा या विगदस्की

सरस गणित निदेशिका

विद्यालय की उच्च कक्षाओं के
विद्यार्थी इसका पाठ्य-पुस्तक
की भाँति भी उपयोग कर सकते हैं।

